

铝氟交互处理对茶树生理特性的影响

王小平¹, 刘 鹏^{1*}, 罗 虹¹, 谢忠雷², 徐根娣¹, 姚建东¹, 陈可宝¹

(¹浙江师范大学生态研究所, 浙江金华 321004; ²吉林大学环境与资源学院, 长春 130026)

摘 要: 通过 ‘白茶’ 和 ‘智仁早茶’ 在不同铝氟浓度交互处理的水培试验, 研究了茶树的根系活力、叶片的游离脯氨酸含量、质膜透性、过氧化氢酶 (CAT)、过氧化物酶 (POD) 和超氧化物歧化酶活性 (SOD)。结果表明: (1) 低浓度铝 ($30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) 能够增强茶树根系活力和 SOD 活性, 降低叶质膜透性以及 POD 和 CAT 酶活性; (2) 在氟浓度为 4 和 $12 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 与对照相比, 茶叶的酶活性增强, 叶质膜透性和根系活力均低于对照; (3) 铝氟交互处理中, 在低铝低氟 - 低铝高氟交互过程中, POD、CAT 和 SOD 活性均呈上升趋势, 可以推断这个铝氟比例范围增强茶树对活性氧的清除, 但低铝高氟处理时, POD 和 CAT 活性均比对照低; 高铝低氟浓度下, 游离脯氨酸含量、根系活力、POD、CAT 和 SOD 活性均较单铝 $90 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理低, 可能铝与氟产生协同作用; 高铝高氟浓度下, 茶苗的 POD、CAT 和 SOD 活性较对照高, 且叶质膜透性和根系活力比对照低, 表明茶树受到一定伤害。这些结果说明, 铝氟交互作用对茶树生理机制的影响显著优于单铝和单氟处理, 且其作用存在一定比例范围, 两个品种间并不一致。

关键词: 茶树; 铝; 氟; 铝氟交互; 生理特性

中图分类号: S 571.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2009) 09-1359-06

Effect of Al and F Interaction on Physiological Characteristics of Tea Plants

WANG Xiao-ping¹, LU Peng^{1*}, LUO Hong¹, XIE Zhong-lei², XU Gen-di¹, YAO Jian-dong¹, and CHEN Ke-bao¹

(¹ Institute of Ecology, Zhejiang Normal University, Jinhua, Zhejiang 321004, China; ² College of Environment and Resources, Jilin University, Changchun 130026, China)

Abstract: The physiological responses of tea plants to aluminum (Al) and fluorine (F) interaction stressing were studied, and six physiological indices were investigated in two varieties Baicha and Zhirenzaocha at 30 d, including the membrane permeability of leaf cells (MP), the root system activity (RA), free proline (Pro) content, the activity of catalase (CAT), peroxidase (POD) and superoxide dismutase (SOD). Tea plants were cultured in nutrient solution which contained Al (0, 30, 90 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) and/or F (0, 4, 12 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$). The results were summarized as follows: (1) RA in roots and the activity of SOD in leaves were enhanced with 30 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ of Al alone, but MP and activity of POD and CAT in leaves declined; (2) When the concentration of F alone was 4 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ and 12 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, enzymes of tea leaves increased and MP and RA in roots decrease compared with control (0 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ Al and 0 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ F); (3) RA, content of Pro and the activity of POD, CAT and SOD were lower under high Al and low F interaction compared with 90 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ Al alone. Maybe Al and F cooperated with each other during growth of tea plants. When proportion of Al and F were from 30/4 to 30/12, activity of POD, CAT and SOD showed an obvious upward tendency, as was inferred that the range of proportion strengthened the ability of reactive oxygen species (ROS) scavenging. In comparison with control, activity of POD, CAT and SOD of tea plants increased, but MP and RA fell under high Al and high F interaction, indicating that tea plants injured in some degree. Therefore, Al and F interac-

收稿日期: 2009 - 05 - 05; 修回日期: 2009 - 07 - 13

基金项目: 国家自然科学基金项目 (4057305); 浙江省自然科学基金项目 (305151, 304135)

* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: sky79@zjnu.cn)

tion has a significant effect on physiological and biochemical characteristics of young tea plants, and the proportion of interaction exist some range. The sensibilities between Baicha and Zhirenzaocha are different resulting from Al and F interaction and order is Zhirenzaocha > Baicha, which is suggested that there may be correlation with variety.

Key words: tea plants; aluminum; fluorine; Al and F interaction; physiological characteristics

铝 (Al) 的毒害已成为植物生长最主要的限制因素 (Ruan et al, 2006)。茶树 (*Camellia sinensis* L.) 是一种可超积累铝, 又可聚集氟 (F) 的植物。因茶树的强烈富集氟特性, 导致茶叶, 特别是砖茶中氟含量极高, 使很多西部边疆居民因饮茶引致“氟斑牙”、“氟骨症”等氟中毒 (Whyte et al, 2005)。众多研究表明, 在茶园土壤中大量的氟与铝形成络合物, 并消除了氟和铝离子本身的毒性 (Ding & Huang, 1991); 茶叶中氟优先与铝结合, 茶树各个部位中的 Al/F 比值基本保持恒定 (2.6 ~ 2.7) (刘晓静, 2006); Morita 等 (2004) 检测了茶树从根到茎的木质部汁液, 表明铝并不是以单一形式的络合物被吸收。目前, 对于铝氟交互作用对茶树生理机制的影响关注较少 (向勤铨等, 2005)。据此, 本项试验中对其进行初步研究, 以期对茶树的生长环境和生产提供科学依据。

1 材料与方法

供试茶苗为 3 年生‘白茶’和‘智仁早茶’, 2007 年 3 月购自浙江温州乐清茶场, 试验时幼苗株高 28 ~ 30 cm, 主干胸径 0.6 ~ 0.8 cm。

选择长势一致的茶苗, 洗净原先根部的土壤, 然后移植到外壁涂有黑漆的 5 L 塑料桶中进行水培, 每桶 4 株。基本营养液参考 Hoagland 培养液, 添加不同浓度梯度的铝和氟进行交互处理。其中铝源为 $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 处理浓度分别为 0、30、90 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 氟源为 NH_4F , 处理浓度分别为 0、4、12 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 总共 9 组处理, 每个处理 3 次重复。温室培养, 每天通气两次, 每次 2 h, 每 5 d 更换营养液。培养 30 d 后摘取一芽二叶以及根, 测定各生理指标。

根系活力采用 TTC 法 (蒋卫杰等, 2006); 质膜透性采用电导法 (李朝苏等, 2006); 游离脯氨酸 (Pro) 含量采用酸性茚三酮法 (李朝苏等, 2006); 过氧化物酶活性采用愈创木酚法 (宋士清等, 2006), 用 $\text{A}_{470} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ 表示; 过氧化氢酶的活性采用硫代硫酸钠滴定法 (宋士清等, 2006), 用 $\text{U} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ 表示; 超氧化物歧化酶活性采用核黄素法 (宋士清等, 2006), 用 $\text{U} \cdot \text{mg}^{-1} \text{Pr}$ 表示。

采用 Excel 2003 进行数据统计和 SAS 分析软件进行 LSR 显著性检验。

2 结果与分析

2.1 铝氟交互处理对茶叶质膜透性的影响

表 1 显示, 只有单一铝 (即 T2、T3) 存在时, 低铝处理 (T2) 的质膜透性比无铝和氟的对照 (T1) 处理下降, 白茶和智仁早茶的降幅分别为 46.66% 和 55.72%, 但是高铝处理 (T3) 质膜透性均较对照高。随着单氟浓度升高 (即 T4、T7), 茶叶质膜透性均比对照低。这表明低铝和低氟促使茶叶质膜透性降低。铝氟交互处理时, 在 T6 和 T8 处理下, 两个品种质膜透性均较对照高, 但是在 T9 处理下, 白茶和智仁早茶的质膜透性分别较对照迅速下降了 16.72% 和 22.62%, 表明低铝高氟和高铝低氟交互极显著地互相拮抗对方的促进效应, 使质膜透性显著上升。

2.2 铝氟交互处理对茶树根系活力的影响

表 1 显示, 随着单铝浓度升高, 根系活力呈先升后降趋势, 其中高铝 (T3) 处理下茶树根系活力受到严重抑制, 智仁早茶较白茶表现显著; 单氟处理时均比对照低, 高氟 (T7) 处理较低氟 (T4)

处理下的根系活力有所上升，T4处理时为最小值，白茶和智仁早茶分别降低了 10.33%和 19.98%。铝氟交互过程中，无论是低氟（T5、T6）还是高氟（T8、T9）处理组，智仁早茶的根系活力均比对照低，其大小顺序为 $T5 < T9 < T8 < T6$ ，而白茶的根系活力表现为 $T6 < T5 < T9 < T8$ ，在 T8处理时较对照稍高，两者之间表现出品种差异，同时在低铝处理（T5、T8）下，交互作用表现为铝几乎完全拮抗氟的抑制效应甚至产生了刺激作用。

表 1 铝氟交互处理对茶叶质膜透性和根系活力的影响

Table 1 Effect of Al and F interaction on membrane permeability of leaf cells and the activity of root

代号 Code	处理 / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) Treatments		质膜透性 / % Membrane permeability		根系活力 / ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}\text{FW}$) Root activity	
	F	Al	白茶 Baicha	智仁早茶 Zhirenzaocha	白茶 Baicha	智仁早茶 Zhirenzaocha
T1	0	0	8.95 \pm 0.63cBC	12.26 \pm 0.94bA	2.37 \pm 0.10abcAB	2.52 \pm 0.05bB
T2	0	30	4.78 \pm 0.27eE	5.43 \pm 1.00eC	2.47 \pm 0.07aA	2.67 \pm 0.05aA
T3	0	90	10.21 \pm 0.61bB	12.59 \pm 0.32bA	2.23 \pm 0.01fE	2.08 \pm 0.02deDE
T4	4	0	6.41 \pm 0.42dD	5.39 \pm 0.59eC	2.13 \pm 0.02eDE	2.02 \pm 0.01eE
T5	4	30	9.21 \pm 0.53bcB	7.95 \pm 0.80dB	2.27 \pm 0.04cdBCD	2.09 \pm 0.02deDE
T6	4	90	12.85 \pm 0.48aA	14.36 \pm 0.86aA	2.14 \pm 0.01eDE	2.15 \pm 0.02cdCD
T7	12	0	8.73 \pm 0.33cBC	9.56 \pm 0.50cB	2.18 \pm 0.02deCDE	2.22 \pm 0.09cC
T8	12	30	10.41 \pm 0.79cB	13.54 \pm 0.40abA	2.39 \pm 0.02abAB	2.12 \pm 0.01cCD
T9	12	90	7.46 \pm 0.75dCD	9.48 \pm 0.62bC	2.33 \pm 0.06bcBC	2.10 \pm 0.01deCD

注：同列不同小写和大写字母分别表示差异达显著（ $P < 0.05$ ）和极显著（ $P < 0.01$ ）水平。

Note: The different small and capital letters indicate the significant difference at $P < 0.05$ and $P < 0.01$ levels, respectively.

2.3 铝氟交互处理对茶树游离脯氨酸含量的影响

如表 2所示，白茶和智仁早茶的游离脯氨酸（Pro）含量明显比对照高（除智仁早茶的 T3处理），且两个品种均在 T9处理为最高，为对照 3.63和 5.16倍。在单铝处理下，白茶和智仁早茶的游离 Pro含量在 T2处理时高于对照，升幅分别为 71.32%、8.10%；随着单氟浓度上升，游离 Pro含量逐渐提高。铝氟交互处理下，无论是低铝（T5、T8）还是高铝（T6、T9）处理组，两个品种游离 Pro含量的变化规律均呈现上升趋势，其中在 T4、T5和 T6处理下，白茶的游离 Pro含量一直上升，而智仁早茶在 T5处理出现小幅度下降，可能低铝低氟对智仁早茶的游离 Pro产生协同效应。

表 2 铝氟交互处理对茶树游离脯氨酸的影响

Table 2 Effect of Al and F interaction on free Proline content

/ ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$)

代号 Code	处理 / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) Treatment		白茶 Baicha	智仁早茶 Zhirenzaocha
	F	Al		
T1	0	0	0.0022 \pm 0.0004cB	0.0025 \pm 0.0001cC
T2	0	30	0.0038 \pm 0.0011bcAB	0.0027 \pm 0.0004cBC
T3	0	90	0.0046 \pm 0.0015abcAB	0.0024 \pm 0.0003cC
T4	4	0	0.0030 \pm 0.0005bcAB	0.0054 \pm 0.0017bcBC
T5	4	30	0.0045 \pm 0.0016abcAB	0.0050 \pm 0.0007bcBC
T6	4	90	0.0066 \pm 0.0027abAB	0.0058 \pm 0.0002bBC
T7	12	0	0.0040 \pm 0.0006bcAB	0.0062 \pm 0.0015bBC
T8	12	30	0.0054 \pm 0.0013abcAB	0.0069 \pm 0.0003bBC
T9	12	90	0.0081 \pm 0.0032aA	0.0128 \pm 0.0032aA

2.4 铝氟交互处理对茶树过氧化氢酶活性的影响

从图 1可直观地看出白茶的过氧化氢酶（CAT）活性变化幅度小于智仁早茶，进一步说明物种之间的差异。单铝处理时，在低铝（T2）处理下，嫩叶中 CAT活性降低，其中智仁早茶较对照骤降了

45.73%，而在高铝（T3）处理下，CAT活性上升，智仁早茶达到最高峰；单氟处理时变化趋势与单铝相似，表现为低浓度的降低和高浓度的升高。铝氟交互处理时，白茶的高铝处理（T6、T9）组CAT活性比低铝处理组（T5、T8）高，而智仁早茶的低铝和高铝处理组CAT活性均比T3（单铝 90 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ）低；在同一铝处理水平下，随着氟浓度升高，嫩叶中CAT活性均呈上升趋势，高铝高氟交互处理表现了相互拮抗对方的促进效应。

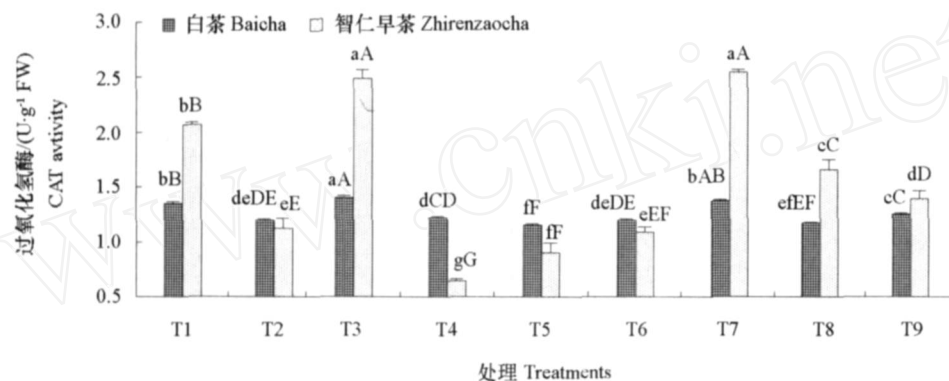


图 1 铝氟交互处理对茶树过氧化氢酶活性的影响

T1 ~ T9见表 1。

Fig 1 Effect of Al and F interaction on CAT

See Table 1 for T1 - T9.

2.5 铝氟交互处理对茶树过氧化物酶活性的影响

如图 2所示，和CAT活性变化相似，智仁早茶的过氧化物酶（POD）活性变化幅度比白茶大，其变化范围：32.97% ~ 79.37%，但POD活性均比白茶低（除T8处理）。从单铝处理来看，白茶和智仁早茶的POD活性随着铝浓度上升，呈现先升后降趋势，在低铝（T2）处理下分别较对照下降24.51%和21.24%；单氟处理时，POD活性表现出和单铝一致的变化趋势，智仁早茶在低氟（T4）处理时较对照骤降78.87%，说明高铝或高氟使茶叶产生更多的过氧化物，加剧了对茶树的毒害；铝氟交互处理中，两个品种的POD活性均比对照低，且比单独处理的高铝、氟处理组低（除了白茶T9处理），表明铝氟交互产生一定的正效应，白茶的POD活性大小为T5 < T8 < T6 < T9，而智仁早茶为T5 < T6 < T9 < T8，低氟高铝处理的促进效应比低氟低铝处理低。

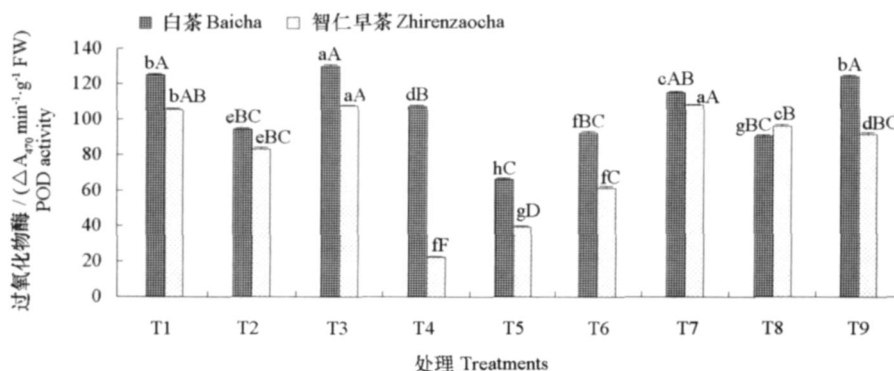


图 2 铝氟交互处理对茶树过氧化物酶活性的影响

T1 ~ T9见表 1。

Fig 2 Effect of Al and F interaction on POD

See Table 1 for T1 - T9.

2.6 铝氟交互处理对茶树超氧化物歧化酶活性的影响

从图 3 明显可以看出智仁早茶超氧化物歧化酶 (SOD) 活性变化比白茶显著, 较对照增幅最大为 82.15%。无论是单铝, 还是单氟处理, 白茶的 SOD 活性均随着毒素浓度的增加而逐渐增加, 可见白茶的超氧化物歧化酶活性在单一的铝、氟浓度升高时表现出良好的抗逆性。铝氟交互过程中, 在 T5、T6 和 T8、T9 处理时, 白茶的 SOD 活性逐渐上升, 而智仁早茶则表现为下降, 尤其是在 T6 处理下迅速较对照下降 81.08%, 表明此交互浓度对茶树的毒害较小, 而智仁早茶在 T8 处理时骤升, 分别是 T3 和 T7 处理的 2.94 和 3.04 倍, 此时茶树产生较多活性氧。

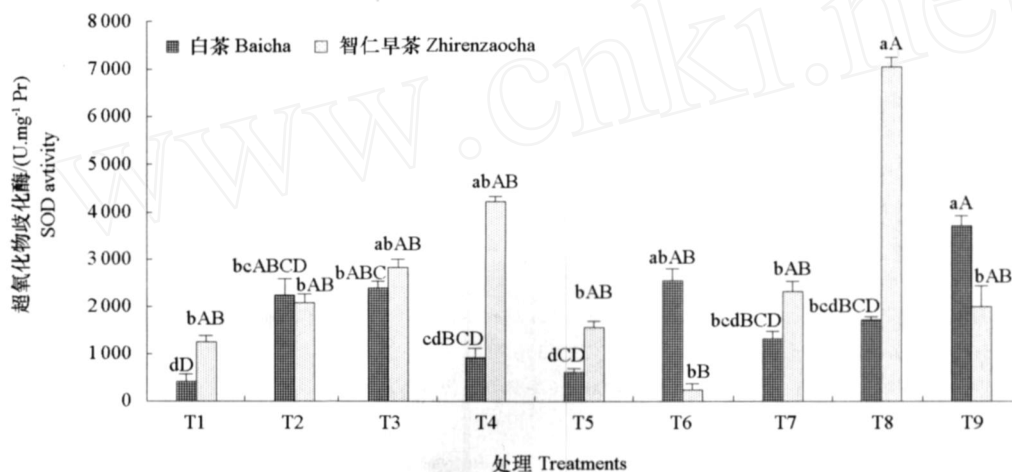


图 3 铝氟交互处理对茶树超氧化物歧化酶活性的影响

T1 ~ T9 见表 1。

Fig 3 Effect of Al and F interaction on SOD

See Table 1 for T1 - T9.

3 讨论

本试验结果表明高铝高氟抑制茶树生长, 铝氟交互处理下, 茶树生理响应比较显著。低铝、氟浓度刺激茶苗生长, 高铝、氟浓度抑制茶树幼苗生长, 表现为叶的枯黄甚至死亡掉落。值得关注的是茶树在铝氟交互作用下, 出现一定量新的须根, 这与 Ghanati 等 (2005) 研究结果一致。

单铝、单氟条件下两个品种的叶膜透性呈现先降后升趋势, 可能在铝浓度 $30 \sim 90 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和氟浓度 $4 \sim 12 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 之间存在最适浓度, 有待进一步探究。智仁早茶的游离脯氨酸含量在单铝处理下表现为先升后降, 有可能是较早地适应逆境的一种表现, 而两个品种的游离脯氨酸含量在单氟处理时一致上升, 大量的游离脯氨酸可提高原生质的渗透压, 防止水分散失, 说明氟胁迫下积累脯氨酸是茶树对氟毒胁迫的一种保护反应。茶苗的根系活力表现为低铝提高, 高铝下降, 而在单氟浓度为 $4 \sim 12 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 根系活力呈先降后升趋势, 进一步说明氟 $4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 并不是最适生长浓度。在低铝时, 加入一定量氟, 两个品种的叶膜透性、根系活力和 P_{10} 含量均上升, 但在高铝中加入不同量氟, 叶膜透性、根系活力和 P_{10} 含量的变化趋势并不一致, 两个品种的叶膜透性降低, P_{10} 含量升高, 智仁早茶的根系活力有大幅度下降, 说明这个过程中茶树受到一定损害。由此可见, 铝氟交互处理的缓解作用要求一定比例, 这与刘晓静 (2006) 研究结果一致, 同时可以推断智仁早茶较白茶能更迅速反应其在生理上所受的毒害。

CAT 催化分解组织中高浓度的 H_2O_2 , 从而使 H_2O_2 控制在较低水平; POD 催化组织中低浓度的 H_2O_2 氧化其它底物, 从而清除 H_2O_2 ; SOD 能在组织衰老过程中清除组织中的活性氧, 维持其代谢平衡, 从而延缓组织衰老。在单铝和单氟处理过程中, 茶苗叶子中的 SOD 活性一直升高, POD 和 CAT

活性则先降后升,表明在铝 $30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和氟 $4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理下茶树体内的 H_2O_2 浓度较低,而铝、氟素的增加提高了茶树体内 3种保护酶较高的合成速度,可能因为在处理浓度之间存在临界值(罗亮等, 2006),这在铝毒对不同植物影响中普遍存在。从两个角度分析铝氟交互处理,在低铝低氟—低铝高氟和高铝低氟—高铝高氟交互过程中,白茶和智仁早茶的 POD、CAT和 SOD活性均呈上升趋势,可以推断 $30/4 \sim 30/12$ 和 $90/4 \sim 90/12$ 的 A1/F比例范围增强茶树对活性氧的清除活性;而在低氟低铝—低氟高铝和高氟低铝—高氟高铝交互处理下,白茶的 POD、CAT和 SOD活性均上升,而智仁早茶的 CAT和 SOD活性在 F/A1比例为 $12/30 \sim 12/90$ 时呈现下降趋势,尤其是 SOD活性的骤降,推测茶树的活性氧代谢平衡在这个比例范围开始被破坏,而且可能由于两个品种的基因差异,智仁早茶对铝氟交互作用更具敏感地反映。

References

- Ding R X, Huang X. 1991. Biogeochemical cycle aluminum and fluoride in tea garden soil system and its relationship to soil acidification. *Acta Pedologica Sinica*, 28 (3): 229 - 236.
- Ghanati F, Morita A, Yokota H. 2005. Effects of aluminum on the growth of tea plant and activation of antioxidant system. *Plant and Soil*, 276: 133 - 141.
- Jiang Wei-jie, Yu Hong-jun, Zhu De-wei, Du Yong-chen, Li Hong, Shi Zhen-xia. 2006. Effect of plant growth regulator on root activity of tomato in long-term soilless cultivation. *Acta Horticulturae Sinica*, 33 (3): 771 - 774. (in Chinese)
- 蒋卫杰, 余宏军, 朱德蔚, 杜永臣, 李红, 史振霞. 2006. 长季节无土栽培番茄根部施用植物生长调节剂对根系活力的影响. *园艺学报*, 34 (3): 771 - 774.
- Liu Xiao-jing. 2006. Transference and transform of fluoride and aluminum in the system of soil-tea plants-tea liquor and probing into the prevention from brick-tea fluorosis [Ph.D. Dissertation]. Beijing: Graduate School of the Chinese Academy of Sciences. (in Chinese)
- 刘晓静. 2006. 茶园土壤—茶树—茶汤系统中氟和铝的迁移转化特征及饮茶型氟中毒的防治探索 [博士学位论文]. 北京: 中国科学院研究生院.
- Li Chao-su, Liu-peng, Xu Gen-di, Lin Hui-jun. 2006. Effects of aluminum on root morphology and antioxidant system in leaves of mustard (*Brassica juncea* Coss) seedlings. *Acta Horticulturae Sinica*, 33 (3): 645 - 648. (in Chinese)
- 李朝苏, 刘鹏, 徐根娣, 林辉君. 2006. 铝对芥菜 (*Brassica juncea* Coss) 幼苗根系形态和叶内抗氧化系统的影响. *园艺学报*, 33 (3): 645 - 648.
- Luo Liang, Xie Zhong-lei, Liu Peng, Xu Gen-di, Luo Hong. 2006. Physiological response of tea plant to aluminum toxicity. *Journal of Agro-Environment Science*, 25 (2): 305 - 308. (in Chinese)
- 罗亮, 谢忠雷, 刘鹏, 徐根娣, 罗虹. 2006. 茶树对铝毒生理响应的研究. *农业环境科学学报*, 25 (2): 305 - 308.
- Morita A, Horie H, Fujii Y, Takatsu S, Watanabe N, Yagi A, Yokota H. 2004. Chemical forms of aluminum in xylem sap of tea plants (*Camellia sinensis* L.). *Phytochemistry*, 65: 2775 - 2780.
- Ruan J Y, Ma L F, Shi Y Z. 2006. Aluminum in tea plantations: Mobility in soils and plants, and the influence of nitrogen fertilization. *Environmental Geochemistry and Health*, 28: 519 - 528.
- Song Shi-qing, Guo Shi-rong, Zhang Zhi-gang. 2006. Physiological effects of exogenous salicylic acid on cucumber seedlings under the salt stress. *Acta Horticulturae Sinica*, 33 (1): 68 - 72. (in Chinese)
- 宋士清, 郭世荣, 尚庆茂, 张志刚. 2006. 外源 SA 对盐胁迫下黄瓜幼苗的生理效应. *园艺学报*, 33 (1): 68 - 72.
- Whyte M P, Essmyer K, Gannon F H, Reins W R. 2005. Skeletal fluorosis and instant tea. *The American Journal of Medicine*, 118: 78 - 82.
- Xiang Qin-zeng, Liu De-hua, Zhang Li-xia, Peng Zheng-yun, Xiao Hai-jun. 2005. Analyses of growth and proteins on young tea plants under tissue culture with F and Al press. *Journal of Hunan Agricultural University*, 31 (1): 57 - 59. (in Chinese)
- 向勤程, 刘德华, 张丽霞, 彭正云, 肖海军. 2005. 氟铝胁迫下茶树组培小苗的生长及其蛋白质分析. *湖南农业大学学报*, 31 (1): 57 - 59.