

## 不同树龄茶树根际土壤酶活性的变化分析

叶江华<sup>1,2</sup>, 王海斌<sup>3</sup>, 李远华<sup>2</sup>, 贾小丽<sup>2</sup>, 孔祥海<sup>3</sup>, 何海斌<sup>1\*</sup>

(1. 福建农林大学, 福建省农业生态过程与安全监控重点实验室, 福建 福州 350002;

2. 武夷学院, 福建 武夷山 354300; 3. 龙岩学院, 福建 龙岩 364012)

**摘要:**以不同种植年限黄金桂茶树根际土壤为研究对象, 分析茶树树龄对土壤酶活性的影响。结果表明, 茶树根际土壤中与养分循环相关的酸性磷酸酶、脲酶、蔗糖酶活性随着茶树树龄的增加而上升, 且与茶树树龄呈显著正相关, 中性磷酸酶、碱性磷酸酶则相反; 茶树根际土壤中与抗性相关的多酚氧化酶活性随着茶树树龄的增加而上升且与茶树树龄呈显著正相关, 而过氧化物酶、过氧化氢酶、脱氢酶活性则呈下降趋势, 与茶树树龄呈显著负相关。土壤酶对茶树树龄的敏感性分析结果表明, 不同土壤酶响应茶树树龄变化的趋势为过氧化氢酶 > 脲酶 > 脱氢酶 > 蔗糖酶 > 过氧化物酶 > 多酚氧化酶 > 酸性磷酸酶 > 中性磷酸酶 > 碱性磷酸酶。可见, 在茶树生产管理过程中应适当提高磷肥的施用量, 老茶树应当加强土壤松耕, 以提高土壤中抗性酶活性。

**关键词:** 茶树; 黄金桂; 根际土壤; 土壤酶

**中图分类号:** S571.1; S154.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-6257 (2016) 05-0025-05

茶树作为一种经济灌木, 在中国及世界各地广泛种植, 茶树种植后由于茶树自身的物质循环及连年的积累, 茶树土壤的理化性质产生变化并形成特有的生态环境<sup>[1]</sup>。土壤酶是土壤中有有机物质循环过程中的生物催化剂, 其参与土壤中有有机质的分解, 养分的循环, 残体降解等多个过程<sup>[2-4]</sup>。据报道, 土壤酶活性的高低与土壤肥力因子的循环存在显著的相关性<sup>[5-7]</sup>。蔡艳等<sup>[8]</sup>探讨蒙顶山茶园土壤微生物及土壤酶活性变化认为, 土壤脲酶及蛋白酶活性与土壤中的磷素、钾素循环呈负相关。任全等<sup>[9]</sup>探讨不同施肥条件下茶树根际土壤酶活性变化发现, 施肥不利于土壤生物活动, 降低了土壤酶活性。可见, 土壤酶活性的变化与土壤肥力具有密切关系。茶树连年种植导致诸多问题产生, 例如, 土壤酸化, 肥力衰减等<sup>[10-12]</sup>。杨扬等<sup>[13]</sup>分析了安徽省不同植茶年龄茶树根际与非根际土壤过氧化氢酶、多酚氧化酶、转化酶的活性认为, 植茶年龄增加土壤中根际与非根际的土壤酶活性比值增大, 连年种植

后茶树根际肥力下降。薛东等<sup>[14]</sup>探讨植茶年龄对土壤酶活性的影响中发现, 随着植茶年龄升高, 茶树根部脲酶、酸性磷酸酶活性增强。然而, 上述学者在研究过程中只是探讨了茶树树龄对个别土壤酶活性变化的影响, 而对于不同土壤酶的变化与茶树树龄之间的关系及土壤酶活性变化响应茶树树龄的敏感度并未做分析。因此, 本研究以不同树龄的黄金桂茶树根际土壤为研究对象, 分析树龄变化对茶树根际土壤酶活性的影响及其相关性, 同时进一步分析不同土壤酶响应茶树树龄变化敏感性变化趋势, 以期科学合理的茶园土壤肥力管控及提高茶叶品质, 促进茶园生态系统的可持续发展奠定基础。

### 1 材料与方法

#### 1.1 供试材料

以黄金桂原产地福建省泉州市安溪县虎邱镇为研究地点, 于2013年5月4日春茶采收期收集已种植3、6、9、15年的黄金桂茶树根际土壤, 用于土壤酸性磷酸酶、中性磷酸酶、碱性磷酸酶、脲酶、蔗糖酶、多酚氧化酶、过氧化物酶、过氧化氢酶、脱氢酶活性的测定。取样地位于东经117°99'、北纬24°96', 取样地茶园总面积约为200 hm<sup>2</sup>, 其中3年茶树种植面积约为20 hm<sup>2</sup>, 6年茶树种植面积为52 hm<sup>2</sup>, 9年茶树种植面积为43 hm<sup>2</sup>, 15年茶

收稿日期: 2015-11-10; 最后修订日期: 2016-06-14

基金项目: 南平市科技计划项目(N2013X01-6); 福建省农业生态过程与安全监控重点实验室(福建农林大学)开放基金; 武夷学院青年专项(XQ201015)。

作者简介: 叶江华(1979-), 男, 博士生, 讲师, 主要从事植物生理与分子生态学研究。E-mail: jhye1998@aliyun.com。

通讯作者: 何海斌, E-mail: alexhbb@163.com。

树种植面积为 8 hm<sup>2</sup>, 茶园土壤为酸性红壤土, 取样地海拔高度在 500 ~ 600 m 范围, 年降水量 1 600 mm, 相对湿度 80% 左右, 年平均气温 16 ~ 18℃。不同树龄茶树选择在同一区域内邻近茶园, 参考 Fujii 等<sup>[15]</sup>的方法, 按照 5 点根际土壤取样。选择合适的茶树, 去除表层落叶, 轻挖茶树, 除去茶树周边附着土壤, 抖落离茶树根系 1 cm 的土壤即为根际土壤。每个样品收集 5 株茶树根际土壤混合, 收集样品量 500 g, 每个样品收集 6 个重复。取样点茶园土壤随机选择不同区域共取样点 12 个, 平均基本理化指标为, 有机质含量 11.23 g/kg、全 N 含量 3.31 g/kg、全 P 含量 0.53 g/kg、全 K 含量 6.81 g/kg、硝态氮 + 铵态氮含量 138.25 mg/kg、有效磷 (P) 含量 18.17 mg/kg、速效钾 (K) 含量 159.62 mg/kg。

### 1.2 土壤酶活性测定

土壤酶活性的测定参照关松荫<sup>[16]</sup>的方法进行, 即土壤酸性磷酸酶、碱性磷酸酶活性测定采用对硝基苯磷酸盐法, 中性磷酸酶活性采用磷酸苯二钠比色法测定, 蔗糖酶活性以硝基水杨酸法测定, 脲酶活性采用靛酚蓝比色法测定, 多酚氧化酶活性采用邻苯三酚比色法测定, 过氧化物酶活性采用没食子素

比色法测定, 过氧化氢酶活性采用高锰酸钾滴定法测定, 脱氢酶活性采用氯化三苯基四氮唑比色法测定。

### 1.3 数据统计分析

采用 Excel 2013 对数据进行归类、方差分析及变化率计算, 采用 DPS 7.05 数据处理系统对数据进行显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤养分循环相关酶活性分析

不同树龄茶树根际土壤养分循环相关酶活性分析结果 (表 1) 表明, 随着茶树树龄的增加 (3 ~ 15 年), 土壤酸性磷酸酶、脲酶、蔗糖酶的活性分别从 0.113 mg/(g · min) 上升至 0.146 mg/(g · min)、6.789 mg/g 上升至 9.251 mg/g、0.324 mg/g 上升至 0.496 mg/g, 且不同树龄间差异达到极显著水平; 而土壤中的中性磷酸酶、碱性磷酸酶活性则呈现下降趋势, 分别从 0.077 mg/(g · min) 下降至 0.043 mg/(g · min)、0.125 mg/(g · min) 下降至 0.093 mg/(g · min), 且不同树龄间的差异也达到极显著水平。可见, 树龄的增加可显著改变土壤中养分循环相关酶活性。

表 1 不同树龄茶树根际土壤养分循环相关酶活性分析

树龄 (年)	磷循环			氮循环	碳循环
	酸性磷酸酶 [mg/(g · min)]	中性磷酸酶 [mg/(g · min)]	碱性磷酸酶 [mg/(g · min)]	脲酶 (mg/g)	蔗糖酶 (mg/g)
3	0.113 ± 0.001Dd	0.077 ± 0.001Aa	0.125 ± 0.001Aa	6.786 ± 0.006Dd	0.324 ± 0.001Dd
6	0.123 ± 0.002Cc	0.061 ± 0.002Bb	0.114 ± 0.001Bb	7.541 ± 0.002Cc	0.389 ± 0.002Cc
9	0.137 ± 0.002Bb	0.051 ± 0.002Cc	0.102 ± 0.002Cc	8.206 ± 0.007Bb	0.445 ± 0.002Bb
15	0.146 ± 0.002Aa	0.043 ± 0.003Dd	0.093 ± 0.001Dd	9.251 ± 0.004Aa	0.496 ± 0.000Aa

注: 同列不同小写和大写字母分别表示  $P < 0.05$  和  $P < 0.01$  水平差异显著, 下同。

### 2.2 土壤抗性相关酶活性分析

土壤抗性相关酶活性分析结果 (表 2) 表明, 土壤多酚氧化酶活性随着茶树树龄的增加 (3 ~ 15 年), 从 0.197 mg/g 上升至 0.286 mg/g, 且不同树龄间差异达到极显著水平; 而土壤过氧化物酶、过氧化氢

酶、脱氢酶活性则分别从 0.575 mg/g 下降至 0.420 mg/g、17.360 mg/g 下降至 10.040 mg/g、0.322 mg/g 下降至 0.119 mg/g, 且不同树龄间差异达到极显著水平。可见, 土壤抗性相关酶的活性变化与茶树的树龄有关, 且不同土壤酶响应方式存在差异。

表 2 不同树龄茶树根际土壤抗性相关酶活性分析

树龄 (年)	多酚氧化酶 (mg/g)	过氧化物酶 (mg/g)	过氧化氢酶 (mL/g)	脱氢酶 [g/(kg · d)]
3	0.197 ± 0.002Dd	0.575 ± 0.003Aa	17.360 ± 0.161Aa	0.322 ± 0.002Aa
6	0.222 ± 0.003Cc	0.542 ± 0.001Bb	15.127 ± 0.091Bb	0.250 ± 0.003Bb
9	0.249 ± 0.002Bb	0.475 ± 0.003Cc	12.027 ± 0.057Cc	0.151 ± 0.002Cc
15	0.286 ± 0.001Aa	0.420 ± 0.002Dd	10.040 ± 0.060Dd	0.119 ± 0.002Dd

### 2.3 茶树树龄与土壤酶活性的相关性分析

相关性分析结果 (表 3) 表明, 茶树树龄与土壤酸性磷酸酶、脲酶、蔗糖酶、多酚氧化酶活性呈

极显著正相关, 而与土壤中性磷酸酶、碱性磷酸酶、过氧化物酶、过氧化氢酶、脱氢酶的活性呈显著或极显著负相关。

表 3 茶树树龄与土壤酶活性的相关性分析

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
B	0.97**									
C	-0.95*	-0.98**								
D	-0.97**	-1.00**	0.99**							
E	1.00**	0.99**	-0.97**	-0.99**						
F	0.97**	1.00**	-0.99**	-1.00**	0.99**					
G	1.00**	0.99**	-0.97**	-0.99**	1.00**	0.99**				
H	-0.98**	-0.99**	0.96**	0.99**	-0.99**	-0.98**	-0.99**			
I	-0.97**	-1.00**	0.98**	1.00**	-0.99**	-1.00**	-0.99**	0.99**		
J	-0.94*	-0.99**	0.99**	0.99**	-0.96**	-0.99**	-0.96**	0.98**	0.99**	

注: A: 茶树树龄; B: 酸性磷酸酶; C: 中性磷酸酶; D: 碱性磷酸酶; E: 脲酶; F: 蔗糖酶; G: 多酚氧化酶; H: 过氧化物酶; I: 过氧化氢酶; J: 脱氢酶; \*: 显著相关; \*\*: 极显著相关。

### 2.4 茶树树龄对土壤酶活性的影响分析

以茶树根际土壤的年限为 x 轴, 分别以不同土壤酶活性测量值为 y 轴进行线性方程回归分析 (表 4), 结果表明, 各土壤酶因子与茶树树龄的线性方程 R<sup>2</sup> 值变化范围在 0.875 6 ~ 0.991 6 之间, 各因子之间的线性方程拟合度较好, 可用于进一步分析。线性回归方程分析结果表明, 随着茶树根际土壤年限的增加, 土壤酸性磷酸酶、脲酶、蔗糖酶、多酚氧化酶活性呈现上升趋势, 表现为各指标与茶树树龄的拟合方程斜率为正值, 即呈正相关关系。而中性磷酸酶、碱性磷酸酶、过氧化物酶、过氧化氢酶、

脱氢酶活性与茶树树龄的拟合方程斜率为负值, 即呈负相关关系。该结果与前述实际测量值分析结果一致。线性方程的斜率的绝对值, 代表茶树树龄对土壤酶活性变化的影响程度; 可见, 随着茶树树龄增加对土壤酶各指标的影响趋势大小为过氧化氢酶 (0.614 4) > 脲酶 (0.203 2) > 脱氢酶 (0.017) > 蔗糖酶 (0.014) > 过氧化物酶 (0.013 3) > 多酚氧化酶 (0.007 4) > 酸性磷酸酶 (0.002 8) > 中性磷酸酶 (0.002 7) > 碱性磷酸酶 (0.002 6)。可见, 随着茶树树龄的增加, 不同的土壤酶活性响应茶树树龄变化的敏感性存在一定的差异。

表 4 不同土壤酶活性 (y) 随茶树树龄 (x) 变化的方程

土壤酶	线性方程	R <sup>2</sup>	斜率绝对值
酸性磷酸酶	y = 0.002 8x + 0.106 9	R <sup>2</sup> = 0.941 1	0.002 8 ± 0.000 1 Cd
中性磷酸酶	y = -0.002 7x + 0.080 3	R <sup>2</sup> = 0.894 6	0.002 7 ± 0.000 1 Cd
碱性磷酸酶	y = -0.002 6x + 0.130 3	R <sup>2</sup> = 0.943 6	0.002 6 ± 0.000 1 Cd
脲酶	y = 0.203 2x + 6.269 3	R <sup>2</sup> = 0.991 6	0.203 2 ± 0.000 3 Bb
蔗糖酶	y = 0.014x + 0.297 7	R <sup>2</sup> = 0.945 8	0.014 0 ± 0.000 3 Ced
多酚氧化酶	y = 0.007 4x + 0.177 4	R <sup>2</sup> = 0.991 4	0.007 4 ± 0.000 1 Ced
过氧化物酶	y = -0.013 3x + 0.612 7	R <sup>2</sup> = 0.968 2	0.013 3 ± 0.000 1 Ced
过氧化氢酶	y = -0.614 4x + 18.707	R <sup>2</sup> = 0.940 5	0.614 4 ± 0.013 3 Aa
脱氢酶	y = -0.017x + 0.350 5	R <sup>2</sup> = 0.875 6	0.017 0 ± 0.000 1 Cd

### 3 结论与讨论

土壤中大量的物质代谢及能量转化的生物化学过程均是在土壤酶的参与下完成的, 土壤酶在土壤养分的循环、转化、利用上发挥着重要的作用 [17-18]。因此, 土壤酶是作为衡量土壤肥力及土壤中物质代谢的重要指标之一 [19-20]。本研究结果

(表 1) 表明, 土壤酸性磷酸酶、脲酶、蔗糖酶的活性随着茶树树龄的增加 (3 ~ 15 年) 而上升, 且不同树龄之间同一土壤酶活性的变化达到极显著水平; 中性磷酸酶、碱性磷酸酶活性变化趋势则相反。相关性分析结果表明, 茶树树龄的变化与土壤酸性磷酸酶、脲酶、蔗糖酶的活性呈正相关, 与中性磷酸酶、碱性磷酸酶活性呈负相关。磷酸酶在土

壤有机磷转化上具有促进作用,有利于改善植物对土壤中磷素的吸收,磷酸酶活性的变化可用于评价土壤供磷能力<sup>[21]</sup>。脲酶在土壤氮素循环中,有利于将土壤的有机氮化物转化为植物可直接吸收利用的无机氮化物,为植物生长提供氮源<sup>[22]</sup>。蔗糖酶是参与土壤中C素循环的重要酶,可促进土壤中可溶性营养物质的提高,与土壤中有机的含量呈极显著正相关关系<sup>[23]</sup>。可见,随着茶树树龄的增加,茶树根际土壤的磷素循环、氮素循环及碳素循环均加快,表现为脲酶、蔗糖酶的活性上升。据报道,茶树是喜酸性植物,随着茶树树龄的增加,茶树根际土壤的pH值下降,酸化加重<sup>[24]</sup>。本研究中发现,与磷素相关的中性磷酸酶、碱性磷酸酶活性下降,酸性磷酸酶活性上升,且与茶树树龄存在显著关系,该结果间接论证了前人研究连作茶树酸化的结论。王利民等<sup>[25]</sup>研究发现,长期培养情况下茶园土壤酶活性较低,土壤酶活性与土壤养分含量呈负相关,并认为茶园肥料充足的情况下,土壤酶无需表现过大的活性来提高土壤的养分循环。可见,本研究中随着茶树树龄的增加,土壤养分循环相关酶活性也增加,间接反映出茶树根际土壤的养分含量变低,需要通过酶活性的提高来改善养分循环。

土壤过氧化氢酶、过氧化物酶、脱氢酶等,能协同促使土壤中的过氧化氢水解,提高土壤抗氧化能力,降低有毒物质对植物的毒害作用<sup>[26-27]</sup>。本研究结果表明,随着茶树树龄的增加,土壤中的过氧化氢酶、过氧化物酶、脱氢酶均呈下降趋势,且不同树龄间达到极显著差异(表2)。可见,随着茶树树龄的增加,茶树根际对土壤有害物质的清除能力降低,茶树抵抗能力下降。此外,本研究发现,茶树根际土壤的多酚氧化酶活性呈上升趋势,该结果可能与茶树种植过程中随着茶树树龄增加,茶树组织衰老,残体增加,而茶树叶片及残体中还有大量的茶多酚,由此导致多酚氧化酶活性上升。

土壤酶活性响应茶树树龄变化的敏感性分析结果(表4)表明,酸性磷酸酶、中性磷酸酶、碱性磷酸酶、脱氢酶活性对茶树树龄变化的敏感性不存在显著差异,而与其余指标存在显著或极显著差异;蔗糖酶、多酚氧化酶、过氧化物酶活性对茶树树龄变化的敏感性不存在显著差异,而脲酶、过氧化氢酶对茶树树龄变化的敏感性与其余指标均存在极显著差异;据报道,影响土壤酶活性的因素众多,包括土壤理化性质、土壤微生物、人为因素、

植物根系分泌物等,因此不同土壤酶在响应不同影响因子的敏感性上存在一定差异<sup>[28]</sup>。而本研究中对茶树树龄变化的敏感性最强的土壤酶主要为脲酶、过氧化氢酶。

综上所述,本研究探讨了不同树龄茶树根际土壤酶活性变化及其与树龄的关系,发现随着茶树树龄增加,茶树养分循环相关酶活性从大类上总体呈上升趋势,土壤的养分循环加快,侧面反应了树龄越高,养分缺乏越明显,因此,在茶树种植管理过程中应当适量提高磷肥的使用量,保证氮肥、钾肥的基本供应。其次,随着茶树树龄升高,茶树对外界的抵抗能力下降,茶树生长易受到影响,在生产种植过程中应当加强老茶园茶树根部土壤的松耕,提高土壤的通透性,降低土壤中有害微生物的生长,提高土壤抗性酶的活性,间接提高茶树的抵抗力。不同土壤酶对茶树树龄变化的敏感性分析结果表明,茶树树龄变化最易于导致土壤脲酶、过氧化氢酶活性呈现大幅变化,因此在实际种植管理过程中,土壤脲酶、过氧化氢酶可以作为指示性酶来评价土壤养分变化情况,进而制定土壤营养改善策略。本研究探讨了茶树树龄变化对茶树根际土壤酶活性变化的影响,然而影响土壤酶活性变化的因素众多,在后期研究中应当深入探讨,树龄变化后对土壤微生物多样性变化及土壤养分循环变化的影响,以期对茶树种植管理的实施提供一定的基础保障。

#### 参考文献:

- [1] 俞慎,何振立,陈国潮,等.不同树龄茶树根层土壤化学特性及其对微生物区系和数量的影响[J].土壤学报,2003,40(3):433-439.
- [2] 李林海,邱莉萍,梦梦.黄土高原沟壑区土壤酶活性对植被恢复的响应[J].应用生态学报,2012,23(12):3355-3360.
- [3] Lynch H B, Epps K Y, Fukami T, et al. Introduced canopy tree species effect on the soil microbial community in a montane tropical forest [J]. Pacific Science, 2012, 66 (2): 141-150.
- [4] Weand M P, Arthur M A, Lovett G M, et al. Effects of tree species and Naddition on forest floor microbial communities and extracellular enzyme activities [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2010, 42 (12): 2161-2173.
- [5] 段玉琪,陈冬梅,晋艳,等.不同肥料对连作烟草根际土壤微生物及酶活性的影响[J].中国农业科技导报,2012,14(3):122-126.
- [6] 刘来,黄保健,孙锦,等.大棚辣椒连作土壤微生物数量、酶活性与土壤肥力的关系[J].中国土壤与肥料,2013,(2):5-10.

- [7] 焦晓光, 隋跃宇, 魏丹. 长期施肥对薄层黑土酶活性及土壤肥力的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2011, (1): 6-9.
- [8] 蔡艳, 易江婷, 宋威, 等. 蒙顶山茶园土壤微生物区系和酶活性研究 [J]. 湖北农业科学, 2009, 48 (2): 317-320.
- [9] 任全, 单武雄, 肖润林, 等. 不同施肥措施对红壤丘陵茶园土壤酶活性及呼吸强度的影响 [J]. 农业现代化研究, 2007, 28 (4): 498-500.
- [10] 林生, 庄家强, 陈婷, 等. 福建安溪不同年限茶树土壤养分与微生物 Biolog 功能多样性分析 [J]. 中国生态农业学报, 2012, 20 (11): 1471-1477.
- [11] Mohammad N, Samar M, Alireza I. Levels of Cu, Zn, Pb, and Cd in the leaves of the tea plant (*Camellia sinensis*) and in the soil of Gilan and Mazandaran farms of Iran [J]. Food Measure, 2014, 8: 277-282.
- [12] 张倩, 宗良纲, 曹丹, 等. 江苏省典型茶园土壤酸化趋势及其制约因素研究 [J]. 土壤, 2011, 43 (5): 751-757.
- [13] 杨扬, 刘炳君, 房江育, 等. 不同植茶年龄茶树根际与非根际土壤微生物及酶活性特征研究 [J]. 中国农学通报, 2011, 27 (27): 118-121.
- [14] 薛东, 姚槐应, 黄昌勇. 植茶年龄对茶园土壤微生物特性及酶活性的影响 [J]. 水土保持学报, 2005, 19 (2): 84-87.
- [15] Fujii Y, Akihiro F, Syuntaro H. Rhizosphere soil method: a new bioassay to evaluate allelopathy in the field [C]. Proceedings of the Fourth World Congress on Allelopathy. (Eds., J. D. I. Harper, M. An, H. Wu and J. H. Kent). Charles Sturt University, Wagga, NSW, Australia, 2005. 490-492.
- [16] 关松荫. 土壤酶及其研究法 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1986.
- [17] Zhang Z C, He X L, Li T X. Status and evaluation of the soil nutrients in tea plantation [J]. Procedia Environmental Sciences, 2012, 12: 45-51.
- [18] Li W, Zheng Z C, Li T X, et al. Effect of tea plantation age on the distribution of soil organic carbon fraction within water - stable aggregates in the hilly region of western Sichuan, China [J]. Catena, 2015, 133: 198-205.
- [19] Hill B H, Elonen C M, Seifert L R, et al. Microbial enzyme stoichiometry and nutrient limitation in US streams and rivers [J]. Ecological Indicators, 2012, 18: 540-551.
- [20] Yang M F, Zhu L Q, Han X Z, et al. Effects of tillage and crop residues incorporation on soil nutrient microbial biomass and enzyme activity under rice - wheat rotation [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2013, 27 (2): 272-275.
- [21] Wan Z M, Song C C, Guo Y D, et al. Effects of water gradient on soil enzyme activity and active organic carbon composition under *Carex lasiocarpa* marsh [J]. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28 (12): 5980-5986.
- [22] 李阳, 王文全, 吐尔逊·吐尔洪. 再生水灌溉对葡萄叶片抗氧化酶和土壤酶的影响 [J]. 植物生理学报, 2015, 51 (3): 295-301.
- [23] 严君, 韩晓增, 王树起, 等. 不同形态氮素对种植大豆土壤中微生物数量及酶活性的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16 (2): 341-347.
- [24] Mehra A, Baker C L. Leaching and bioavailability of aluminium, copper and manganese from tea (*Camellia sinensis*) [J]. Food Chemistry, 2007, 100: 1456-1463.
- [25] 王利民, 李卫华, 范平, 等. 长期培肥下红黄壤区茶园土壤酶活性的变化 [J]. 茶叶科学, 2012, 32 (4): 347-352.
- [26] Baldrian P. Microbial enzyme - catalyzed processes in soils and their analysis [J]. Plant Soil Environ, 2009, 55 (9): 370-378.
- [27] Cusack D F, Silver W L, Torn M S, et al. Changes in microbial community characteristics and soil organic matter with nitrogen additions in two tropical forests [J]. Ecology, 2011, 92: 621-632.
- [28] 徐燕, 向成华, 李贤伟. 土壤酶的研究概况 [J]. 四川林业科技, 2010, 31 (2): 14-20.

**Analysis on changes of soil enzyme activity in rhizosphere soil of tea tree with different planting years**

YE Jiang-hua<sup>1,2</sup>, WANG Hai-bin<sup>3</sup>, LI Yuan-hua<sup>2</sup>, JIA Xiao-li<sup>2</sup>, KONG Xiang-hai<sup>3</sup>, HE Hai-bin<sup>1\*</sup> (1. Fujian Provincial Key Laboratory of Agroecological Processing and Safety Monitoring, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002; 2. Wuyi University, Wuyishan Fujian 354300; 3. Longyan University, Longyan Fujian 364012)

**Abstract:** Tea rhizosphere soils of Huangjingui with different planting years were used to research effects of the age of tea tree on soil enzyme activity. The results showed that enzyme activities of acid phosphatase, urease, sucrase, which were related to nutrient cycle, raised as tea tree age increased and was positive related with tea tree age, but activities of neutral phosphatase and alkaline phosphatase were reversed. Polyphenol oxidase, which associated with resistance, showed an upward trend with the increase of tea tree age and significantly positive related with age, while activities of peroxidase, catalase, dehydrogenase reversed. Effects of tea tree with different ages to soil enzyme showed as catalase > urease > dehydrogenase > sucrase > peroxidase > polyphenol oxidase > acid phosphatase > neutral phosphatase > alkaline phosphatase. In conclusion, the usage of phosphorus should be improved in the process of tea production and management, and the cultivation and loosening should be strengthened to the old tea tree in order to improve the resistance-associated enzyme activity in soil.

**Key words:** tea tree; Huangjingui; rhizosphere soil; soil enzyme