

# 蚯蚓生物有机培肥对金萱绿茶品质成分的影响

周波, 黎健龙, 唐颢, 唐劲驰\*

(广东省农业科学院 茶叶研究所/广东省茶树资源创新利用重点实验室, 广州 510640)

**摘要:**【目的】探究蚯蚓生物有机培肥(Bio-organic fertilization technology, FBO)对金萱绿茶品质的影响及其作用机制, 为该技术茶园土壤培肥中推广应用提供理论依据。【方法】采用长期定位试验, 比较两种蚯蚓FBO处理(100% FBO和50% FBO)与常规化肥处理(CK)下的金萱绿茶产量及感官审评综合得分差异, 并分析其水浸出物、茶多酚、氨基酸、可溶性糖、咖啡碱含量及酚氨比等品质成分指标的变化。【结果】应用蚯蚓FBO能在保证茶叶产量的同时显著提升茶叶综合品质3.5%~5.7% ( $P < 0.05$ , 下同), 并显著降低茶叶咖啡碱含量, 轻微提升可溶性糖含量。蚯蚓FBO处理下的金萱绿茶氨基酸总量低于CK, 与总氮投入量较低有关。主成分分析结果显示, 第一主成分贡献率为46.56%, 第二主成分贡献率为30.46%; 对第一主成分贡献最大的指标是咖啡碱, 对第二主成分贡献最大的指标是可溶性糖, 即应用蚯蚓FBO可提升茶叶品质的原因主要与咖啡碱含量降低和可溶性糖含量增加有关。【结论】金萱绿茶施用有机肥+接种蚯蚓能完全或部分替代化肥, 减少化肥用量, 促进茶叶产量提高和品质提升, 可在茶叶生产上推广应用。

**关键词:** 绿茶; 蚯蚓; 生物有机培肥; 茶叶品质

中图分类号: S571.062

文献标志码: A

文章编号: 2095-1191(2017)07-1261-05

## Effects of earthworm bio-organic fertilization on quality components of Jinxuan green tea

ZHOU Bo, LI Jian-long, TANG Hao, TANG Jin-chi\*

(Tea Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences/Guangdong Provincial Key Laboratory of Tea Plant Resources Innovation and Utilization, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** 【Objective】The effects of earthworm bio-organic fertilization (FBO) on quality of Jinxuan green tea and its mechanism were researched, in order to provide a theoretical basis for the application of FBO in the tea garden soil fertilization. 【Method】A long-term experiment was carried out. Tea leaf yield and sensory evaluation comprehensive score were compared between two earthworm bio-organic fertilization treatments (100% FBO and 50% FBO) and conventional fertilizer treatment (CK). And the change of water extract, tea polyphenol, amino acid, soluble sugar, tea caffeine and tea polyphenol-amino acid ratio were analyzed. 【Result】The application of FBO could significantly improve the comprehensive tea quality by 3.5%~5.7% ( $P < 0.05$ , the same below) without production reducing, significantly reduce tea caffeine content, and slightly increase soluble sugar content. The total amount of amino acid in earthworm FBO treatment was lower than that of CK because of lower nitrogen inputs. Principal component analysis showed that, the contribution rate of the first principal component was 46.56%, that of the second principal component was 30.46%. The indicator that contributed the most to the first principal component was tea caffeine, and the one contributed the most to the second principal component was soluble sugar. In another words, the reason earthworm FBO could improve tea quality was mainly related to tea caffeine content reduction and soluble sugar content increase. 【Conclusion】The application of organic fertilizers+earthworm inoculation in tea plantation can completely or partially replace fertilizer, which can reduce the amount of fertilizer, and promote the production and quality of Jinxuan green tea. The FBO technology can be applied to tea production.

**Key words:** green tea; earthworm; bio-organic fertilization; tea quality

## 0 引言

【研究意义】我国的茶叶种植面积和产量均居世

界首位, 尤以绿茶产量最高。近年来化学肥料的大量施用, 虽然在一定程度上增加茶叶产量, 但同时降低

收稿日期: 2016-10-18

基金项目: 广东省科技计划项目(2014A020208054, 2015A020224017, 2015A020208004); 清远市科技计划项目(2014A015)

作者简介: \*为通讯作者, 唐劲驰(1973-), 博士, 研究员, 主要从事茶树栽培与营养生理研究工作, E-mail: jingcht@163.com。周波(1983-), 博士, 主要从事茶园土壤培肥研究工作, E-mail: zhoubo@tea.gdaas.cn

了茶叶品质,造成茶园土壤生态质量恶化(Hou et al., 2015)。有机肥作用效率较低、作用周期较长,是限制其在茶园培肥中广泛应用的主要问题。蚯蚓通过取食、掘穴、排泄等活动可加速有机物料分解和营养循环(Blouin et al., 2013),基于蚯蚓的生态功能,法国发展研究院的Lavelle教授和印度萨姆巴珀大学的Senapati教授在土壤中接种蚯蚓,利用其处理农业有机物料和激活土壤生态系统,合作开发了蚯蚓生物有机培肥(Bio-organic fertilization technology, FBO)。在茶园应用该技术可显著提升土壤肥力,增加微生物活性(唐劲驰等, 2016);但在茶园中引入蚯蚓FBO后,茶叶品质成分的变化情况目前尚不清晰。因此,探究蚯蚓FBO对金萱绿茶品质的影响及其作用机制,对该技术在茶园土壤培肥中的推广应用具有重要意义。【前人研究进展】近几十年来的茶树栽培管理表现出重施化肥轻有机肥、效益较好的名优茶施肥严重过量、肥料养分种类不均衡等问题,影响了茶叶品质的提升,同时降低了土壤质量,造成环境污染(Liu et al., 2012)。在改变茶园培肥现状研究方面,丁方军等(2013)研究发现,生物有机缓控释肥对茶园土壤碱解氮和有机质含量的提高效果最佳;马立锋等(2015)研究发现,控释氮肥与普通氮肥配施的茶树产量和品质明显提高,氮素利用增效明显。在茶园有机培肥技术方面,王利民等(2012)研究发现有机肥可显著增加微生物数量,且微生物数量与土壤肥力关系密切;林新坚等(2013)研究也表明,有机肥和化肥配施可显著增加土壤微生物活性和数量;沈星荣(2014)研究表明沼肥和菜籽饼等是有机茶园较理想的有机肥料。在使用生物有机肥培肥茶园研究方面,陆雄伟等(2010)对3种生物有机肥在茶园中的施用效果进行对比研究,发现生物菌种沤肥更适合茶树大田栽培生产;曾维超等(2014)研究发现酵素菌生物有机肥能有效补充茶树所需的各种养分,促进茶树新梢萌发,提升茶叶产量。综上所述,减少化肥用量、增施有机肥是提升茶叶品质的有效途径之一。【本研究切入点】目前,针对茶园土壤培肥中应用蚯蚓FBO的研究报道较少。【拟解决的关键问题】在前期试验基础上,探究蚯蚓FBO对金萱绿茶品质成分的影响效果,进一步论证蚯蚓FBO在提升茶叶品质方面的作用机制,以期为该技术在茶园土壤培肥中推广应用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区域概况

试验于2009~2015年在广东省农业科学院茶叶研究所试验基地进行。试验田占地面积0.4 ha(宽80 m×长50 m),地处东经113°23′、北纬24°18′,属南亚热带

季风气候,年均气温21.1℃,年平均有霜日6 d;年均降水量1906.2 mm,降雨主要集中在4~9月;年均蒸发量1717.9 mm,年均相对湿度77%;年均日照时数1631.7 h,一年中平均有62.2%的白天时间天空被云、雨和雾遮蔽,气候有利于茶树生长。试验田的土壤为赤红壤, pH 5.45~5.55,土壤有机质含量17.56 g/kg,碱解氮含量94.81 mg/kg,有效磷含量4.55 mg/kg,速效钾含量94.55 mg/kg。

### 1.2 试验材料

供试茶树品种为金萱,2009年布置试验时树龄为5年。蚯蚓品种为本地优势蚓种皮质远盲蚓(*Amyntas corticis*)和壮伟环毛蚓(*A. robustus*),由本课题组自行驯化养殖。所用有机肥中的牛粪在试验前已自然堆熟30 d,水含量约50%,总氮含量约1%;稻草已在田间自然风干,总氮含量约2%。

### 1.3 试验方法

1.3.1 试验设计 共设3个处理,处理1为100% FBO(蚯蚓+有机肥,不添加化肥);处理2为50% FBO(蚯蚓和有机肥的用量为处理1的50%,化肥用量为常规化肥施用量的50%);以常规使用化肥为对照(CK,只施用化肥,用量按周边常规茶园管理确定),各处理具体施用量如表1所示。每处理3次重复,共9个小区,随机排列,每小区面积264 m<sup>2</sup>(宽22 m×长12 m),试验地四周设5 m宽的隔离带,小区间设2 m宽的隔离行。试验从2009年底开始布置到2015年,每年年底按照设计用量开沟施用相应的有机肥,CK也进行开沟处理但不施有机肥。处理2和CK在每年春季按照设计用量分3次撒施尿素。处理1和处理2仅在试验开始后第2年(2010年)雨季接种蚯蚓1次,接种蚯蚓品种为皮质远盲蚓和壮伟环毛蚓,约各占接种总量的50%。其他茶园管理措施均按照当地茶园管理习惯进行。

表1 金萱绿茶的施肥试验方案(kg/ha)

Table 1 Experimental design for fertilization on Jinxuan green tea(kg/ha)

处理 Treat- ment	试验材料 Material			
	牛粪 Cattle waste	稻草 Straw	蚯蚓 Earthworm	尿素 Urea
1	15000	7500	22	-
2	7500	3750	11	750
CK	-	-	-	1500

1.3.2 样品采集与测试 2015年根据当地采茶习惯,按照一芽二叶的标准采摘茶叶,统计各小区的茶青产量。取各小区茶青微波蒸青5 min,烘干,用于测试品质成分含量。同时将各小区的茶青按当地习惯工艺制成烘青绿茶,邀请10位茶叶审评人员进行盲评,计算各处理的评价综合得分。茶多酚含量的测定

参照GB 8313-2008《茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法》,咖啡碱含量的测定参照GB 8312-2002《茶咖啡碱测定》,氨基酸含量的测定参照GB/T 8314-2002《茶游离氨基酸总量测定》,可溶性糖含量的测定采用蒽酮比色法,水浸出物含量的测定采用烘干称重法进行测定。

#### 1.4 统计分析

采用SAS 8.0对试验数据进行差异显著性分析和多重比较,利用ADE-4茶叶产量和品质指标进行主成分分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 蚯蚓FBO对金萱绿茶茶青产量和成茶感官审评结果的影响

从图1可知,经过连续5年(2009~2014年)的蚯蚓FBO处理后,处理1在氮素总投入量低于CK的情况下,金萱绿茶年茶青产量较CK增加1477.50 kg/ha,与CK差异达显著水平( $P<0.05$ ,下同);处理2的年茶青产量比CK高,比处理1低,但与两者的差异均未达显著水平( $P>0.05$ ,下同)。说明接种蚯蚓+施用有机肥在金萱绿茶产量方面可完全或部分替代化肥,减少化肥用量,促进茶叶产量提高。

从图2可知,处理1绿茶的感官审评综合得分较CK高5.7%(绝对值,下同),二者差异达显著水平;处理2绿茶的感官审评综合得分较CK高3.5%,二者差异显著;处理1绿茶的感官审评综合得分高于处理2,但二者差异不显著。说明应用蚯蚓FBO可显著提升茶叶综合品质。

### 2.2 蚯蚓FBO对金萱绿茶品质成分含量的影响

由表2可知,处理1、处理2与CK相比,可溶性糖含量有所升高但差异未达显著水平,水浸出物和茶多酚两项指标未发生显著变化,而氨基酸含量显著降低,

表 2 不同处理金萱绿茶品质成分物质的含量

Table 2 Quality components of Jinxuan green tea in different treatments

处理 Treatment	水浸出物(%) Water extract	茶多酚(%) Tea polyphenol	氨基酸(%) Amino acid	可溶性糖(%) Soluble sugar	咖啡碱(%) Tea caffeine	酚氨比 Tea polyphenol-amino acid ratio
1	39.56±1.24	23.14±1.01	2.89±0.08b	2.92±0.18	3.32±0.07c	8.00±0.40a
2	39.94±1.09	23.87±0.80	3.09±0.15b	2.80±0.23	3.49±0.21b	7.76±0.60a
CK	40.53±1.44	23.81±0.99	3.39±0.18a	2.75±0.08	3.83±0.17a	7.05±0.54b
F	1.34	1.70	27.06	0.91	24.44	7.93
P	0.28	0.20	<0.01	0.06	<0.01	<0.01

表中同一指标后不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )

Different lowercase letters behind the same index represented significant difference( $P<0.05$ )

### 2.3 蚯蚓FBO对金萱绿茶品质影响的主成分分析结果

由主成分分析的空间分布图(图3-a)可知,第一主成分贡献率为46.56%,其中对第一主成分贡献较大的指标主要有产量、感官审评得分、酚氨比、氨基酸、咖

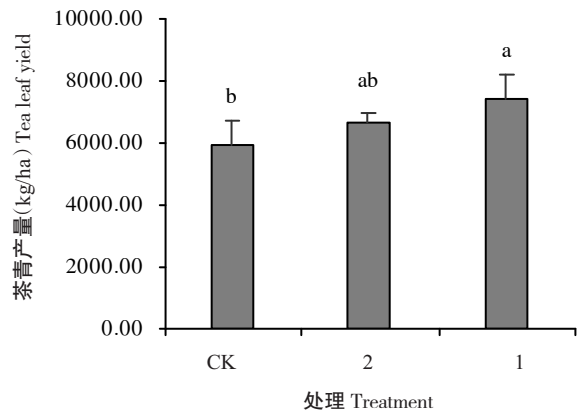


图 1 不同处理金萱绿茶的茶青产量

Fig.1 Tea leaf yield of Jinxuan green tea in different treatments  
不同小写字母表示处理间差异显著( $P<0.05$ )。图2同  
Different lowercase letters represented significant difference ( $P<0.05$ ).  
The same was applied in Fig.2

导致酚氨比显著升高;同时,咖啡碱含量显著下降,且处理1显著低于处理2,说明蚯蚓FBO处理可显著降低茶叶咖啡碱含量。

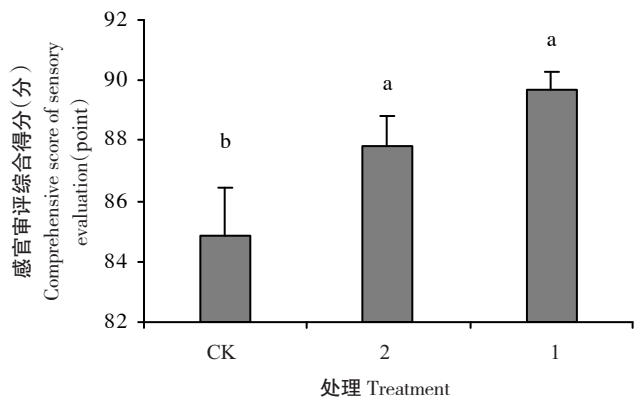


图 2 不同处理金萱绿茶感官审评综合得分

Fig.2 Comprehensive score of sensory evaluation for Jinxuan green tea in different treatments

啡碱等;第二主成分贡献率为30.46%,对第二主成分贡献较大的指标主要有水浸出物、茶多酚、可溶性糖等。由主成分分析的综合得分图(图3-b)可知,处理1、处理2与CK相比,依次从第一主成分的正方向朝第一

主成分的负方向偏移,根据各指标对第一主成分的贡献率可知,蚯蚓FBO处理的变化主要来源于咖啡碱、氨基酸和酚氨比。在第二主成分的方向上,处理2与CK间的差异较小,处理1则显著偏向第二主成分负方

向,对第二主成分负方向贡献最大的指标是可溶性糖。由此可见,可溶性糖在蚯蚓FBO处理提升茶叶品质的过程中也有一定贡献。

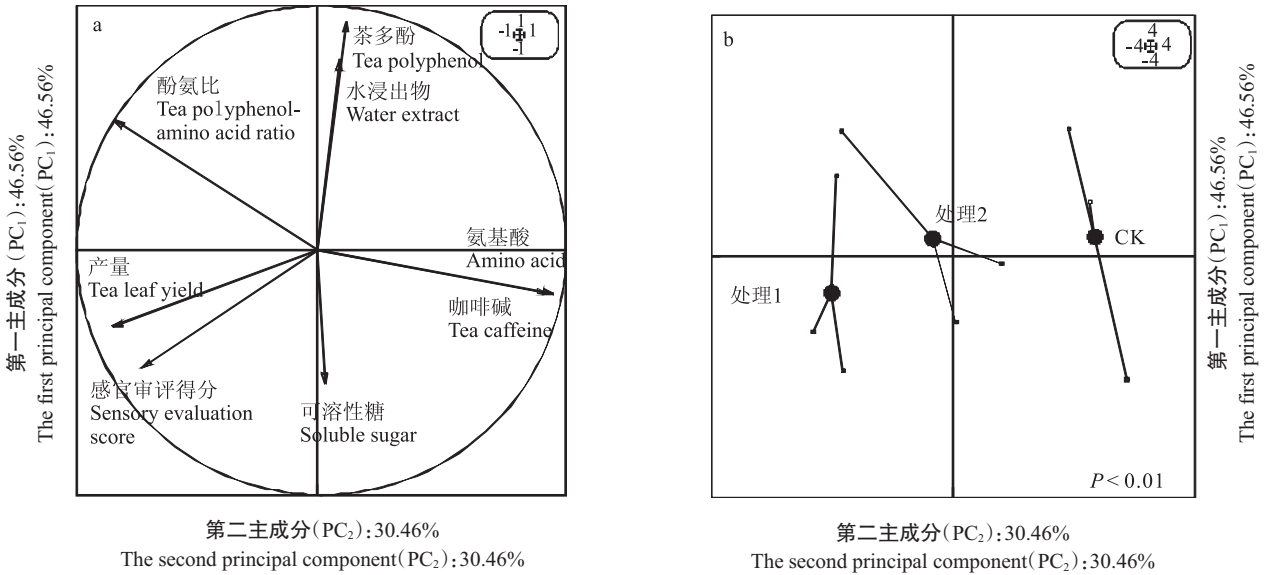


图 3 蚯蚓FBO处理下金萱绿茶品质成分的主成分分析结果

Fig.3 Principal component analysis for quality components of Jinxuan green tea treated with earthworm FBO

### 3 讨论

蚯蚓可吞食和消化有机物料,加速其分解和转化,提高土壤矿化氮的浓度,增加交换态磷、钾、钙、镁等养分含量(Adejuyigbe et al.,2006),并通过分泌各种酶和排泄物等对土壤pH、氧化还原电位、温度等肥力属性产生影响(Hooper et al.,2005)。通过蚯蚓和有机物的共同作用,可全面改善土壤肥力质量,提升茶园土壤生态系统功能(唐劲驰等,2016),进而全面提高茶叶的产量和品质。本研究结果也进一步验证该观点,表明蚯蚓生物有机培肥可在茶叶生产中推广应用。

本研究中为维持有机肥和化肥的正常习惯施用水平,处理1和处理2的总氮素投入量低于CK,导致氨基酸的总量降低,与付乃峰等(2010)研究发现尿素可增加茶叶氨基酸和咖啡碱含量的结果一致,可能与氮素投入总量增加有关。但茶汤最后的滋味除了与总氨基酸含量有关外,氨基酸各组分比例及相对含量也受较大影响,且受氮、磷、钾等养分协同供应的影响,本研究中处理1和处理2的感官审评综合得分高于CK主要是由于有机肥各养分的供应比例较协调。但究竟哪些种类氨基酸组分及何种比例导致本研究中处理1和处理2茶叶品质的提升,还有待进一步分析验证。本研究中咖啡碱含量显著降低,而可溶性糖含量有所升高,与沈星荣(2014)的研究结果一致,说明施用有机

肥可降低茶叶咖啡碱含量,增加水浸出物含量,从而减少茶叶的苦涩味,增加鲜爽程度。

综上所述,有机肥+蚯蚓的处理可显著改善茶园土壤肥力质量和生物活性,进而促进茶叶产量和品质的提升,且效果优于化肥,可全面或部分替代化肥。养分投入量减少,却能全面提升产量和品质,可能与土壤生物活性的改善有关,土壤生态系统更加健康,生态功能更加完善。氨基酸总量低于化肥,茶叶综合品质却较优的原因可能是在较佳的土壤生态条件下,茶叶中的几种呈味物质含量达到一种相互协调和拮抗的较佳比例,减少了苦涩味,增加了鲜浓醇厚的程度。但关于几种呈味物质间的最佳协调比例,以及土壤生态条件是影响呈味物质在茶树体内运移和转化的机制等问题均有待深入研究。

### 4 结论

金萱绿茶施用有机肥+接种蚯蚓能完全或部分替代化肥,减少化肥用量,促进茶叶增产和品质提升,可在茶叶生产上推广应用。

#### 参考文献:

丁方军,马学文,付乃峰,丁兆堂,陈士更,孟庆羽,吴钦泉,谷端银. 2013. 不同控释肥对茶园土壤碱解氮和有机质含量的影响[J]. 山东农业科学,45(6):63-65. [Ding F J, Ma X W, Fu N F, Ding Z T, Chen S G, Meng Q Y, Wu Q Q,

- Gu D Y. 2013. Effects of different controlled-release fertilizers on contents of available nitrogen and organic matters in tea garden soil[J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 45(6):63-65.]
- 付乃峰, 洪永聪, 丁兆堂. 2010. 控释肥与尿素配施对茶园土壤碱解氮含量和茶叶品质的影响[J]. *西北农业学报*, 19(4): 106-109. [Fu N F, Hong Y C, Ding Z T. 2010. Effect of mixtures of release-controlled fertilizer and urea on soil nitrogen content in tea garden and quality of tea leaves[J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 19(4): 106-109.]
- 林新坚, 林斯, 邱珊莲, 陈济琛, 王飞, 王利民. 2013. 不同培肥模式对茶园土壤微生物活性和群落结构的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 19(1):93-101. [Lin X J, Lin S, Qiu S L, Chen J C, Wang F, Wang L M. 2013. Effect of different fertilization strategies on structure and activity of microbial community in tea orchard soils[J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 19(1):93-101.]
- 陆雄伟, 陈远权, 何达标, 韦雪英, 韦丽娟, 陈立才. 2010. 三种生物有机肥对茶树生长影响试验初报[J]. *广西热带农业*, (1):12-14. [Lu X W, Chen Y Q, He D B, Wei X Y, Wei L J, Chen L C. 2010. A preliminary report on effect of three kinds of bio-organic fertilizer on tea growth[J]. *Guangxi Tropical Agriculture*, (1):12-14.]
- 马立锋, 苏孔武, 黎金兰, 石元值, 伊晓云, 方丽, 阮建云. 2015. 控释氮肥对茶叶产量、品质和氮素利用效率及经济效益的影响[J]. *茶叶科学*, (4):354-362. [Ma L F, Su K W, Li J L, Shi Y Z, Yi X Y, Fang L, Ruan J Y. 2015. Effects of controlled-release nitrogen fertilizer on tea yield, quality, nitrogen use efficiency and economic benefit[J]. *Journal of Tea Science*, (4):354-362.]
- 沈星荣. 2014. 有机肥料对茶树生长、茶叶品质及经济效益的影响[D]. 北京: 中国农业科学院. [Shen X R. 2014. Effect of organic fertilizers on the tea plant growth, tea quality and economic benefit[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences.]
- 唐劲驰, 周波, 黎健龙, 唐颖, 操君喜. 2016. 蚯蚓生物有机培肥技术(FBO)对茶园土壤微生物特征及酶活性的影响[J]. *茶叶科学*, (1):45-51. [Tang J C, Zhou B, Li J L, Tang H, Cao J X. 2016. Effects of fertilization earthworm bio-organic fertilization technology on soil microbial characteristics and enzyme activities of tea plants[J]. *Journal of Tea Science*, (1):45-51.]
- 王利民, 邱珊莲, 林新坚, 黄东风, 李卫华, 邱孝焯. 2012. 不同培肥茶园土壤微生物量碳氮及相关参数的变化与敏感性分析[J]. *生态学报*, 32(18):5930-5936. [Wang L M, Qiu S L, Lin X J, Huang D F, Li W H, Qiu X X. 2012. Sensitivity analysis and dynamics of soil microbial biomass carbon, nitrogen and related parameters in red-yellow soil of tea garden with different fertilization practices[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 32(18):5930-5936.]
- 曾维超, 宗庆波, 唐海燕. 2014. 一种生物有机肥在茶园中施用效果研究[J]. *茶业通报*, (2):94-96. [Zeng W C, Zong Q B, Tang H Y. 2014. Study of the effect of a biological organic fertilizer in tea garden[J]. *Journal of Tea Business*, (2):94-96.]
- Adejuyigbe C O, Tian G, Adeoye G O. 2006. Microcosmic study of soil microarthropod and earthworm interaction in litter decomposition and nutrient turnover[J]. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 75(1-3):47-55.
- Blouin M, Hodson M E, Delgado E A, Baker G, Brussaard L, Butt K R, Dai J, Dendooven L, Peres G, Tondoh J E, Cluzeau D, Cluzeau D. 2013. A review of earthworm impact on soil function and ecosystem services[J]. *European Journal of Soil Science*, 64(2):161-182.
- Hooper D U, Chapin Iii F S, Ewel J J, Hector A, Inchausti P, Lavorel S, Lawton J H, Lodge D M, Loreau M, Naeem S, Schmid B, Setälä H, Symstad A J, Vandermeer J, Wardle D A. 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: A consensus of current knowledge[J]. *Ecological Monographs*, 75(1):3-35.
- Hou M, Ohkama-Ohtsu N, Suzuki S, Tanaka H, Schmidhalter U, Bellingrath-Kimura S D. 2015. Nitrous oxide emission from tea soil under different fertilizer managements in Japan[J]. *Catena*, 135:304-312.
- Liu Z A, Yang J P, Yang Z C, Zou J L. 2012. Effects of rainfall and fertilizer types on nitrogen and phosphorus concentrations in surface runoff from subtropical tea fields in Zhejiang, China[J]. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 93(3):297-307.

(责任编辑 邓慧灵)