

# The Research on Correlation between Soil Properties and Tea Quality of Tea Plantation in Shihe District

Xiaonan Zhao, Yuhong Li, Aqian Lu, Yan Wang\*

School of Chemical Engineering and Energy, Zhengzhou University, Zhengzhou Henan  
Email: 765247487@qq.com, \*wangyan371@zzu.edu.cn

Received: Oct. 26<sup>th</sup>, 2016; accepted: Nov. 11<sup>th</sup>, 2016; published: Nov. 15<sup>th</sup>, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

In order to clarify the soil nutrient and tea quality in the tea plantation of Shihe District in Xinyang, soil samples and tea samples were tested and the quality as well as the partial correlation between them were analyzed. The results showed that: pH value of the soil tested was at about 4, which was lower than the minimum pH of 4.5 - 5.5 that tea plant is the most suitable. The content of soil organic matter, total nitrogen, alkali-hydrolyzable-N and available phosphorus were rich, which were able to meet the growth of tea. The variation coefficient of available phosphorus content was larger. The content of available potassium was relatively lower in Dongjiahe Town that was a new tea region developed by Xinyang City. It could increase the abundance and biodiversity of bacterial community in tea garden soil to apply organic fertilizer. In the tea quality of tea samples taken, the content of tea-polyphenols was low, and the content of water extractives, theine and amino acids were to meet the standards of high-quality tea. The partial correlation between the content of one-hundred-bud weight, water extractives and theine and total nitrogen in soil was more significant, and there was more significant partial correlation between tea-polyphenols and available phosphorus in soil.

## Keywords

Tea Garden of Xinyang, Soil Properties, Tea Quality, Correlation

---

\*通讯作者。

# 浉河区茶园土壤性状与茶叶品质相关性研究

赵晓楠, 李玉红, 芦阿度, 王 岩\*

郑州大学, 化工与能源学院, 河南 郑州

Email: 765247487@qq.com, \*wangyan371@zzu.edu.cn

收稿日期: 2016年10月26日; 录用日期: 2016年11月11日; 发布日期: 2016年11月15日

## 摘 要

为明确浉河区茶园土壤性质和茶叶品质的现状及其之间的相关性, 通过对浉河区茶园所采土壤和茶叶样品的测定, 明确茶园土壤性状和茶叶品质现状, 并对其进行偏相关性分析。结果表明: 供试浉河区茶园土壤pH值在4左右, 低于茶树最适宜的最低pH值4.5~5.5; 土壤有机质、全氮、碱解氮、有效磷含量丰富, 均能够满足茶叶生长所需, 有效磷的含量变异系数较大; 董家河镇的速效钾含量相对较低。施用有机肥可增加茶园土壤细菌群落的丰度和生物多样性。所采茶叶样品的茶叶品质中, 茶水浸出物、咖啡碱和氨基酸含量都满足优质茶叶的标准, 茶多酚的含量偏低。茶叶百芽头重、水浸出物和咖啡碱含量都与土壤全氮量的偏相关性更为显著, 茶多酚与土壤有效磷的偏相关性更为显著。

## 关键词

信阳茶园, 土壤性质, 茶叶品质, 相关性

## 1. 引言

茶叶因其色、香、味、形的独特品质及其有益人体健康为世人所青睐, 种植面积不断扩大, 茶叶产量不断提高。随着人们生活水平的提高, 产品品质日益受到重视, 同样地人们对茶也提出了更高的品质要求。影响茶叶品质的因素有很多, 土壤作为茶叶生长和品质形成的物质基础, 其理化性状及其微生物数量对茶叶品质的形成具有较大的影响。

河南省信阳市是我省茶叶生产大市, 种茶历史悠久, 以信阳毛尖著称。浉河区位于信阳市南部, 是豫南及周边地区的商贸中心。浉河区山青水秀, 森林覆盖率达 63.3%, 作为信阳毛尖的代表性生产基地, 已成为以茶叶为支柱产业的农业生态旅游三位一体的新型生态农业模式。据浉河区统计表明, 浉河区现有茶园面积 52 万亩, 茶叶总产量 31 万吨, 茶叶综合产值 54 亿元。在扩大茶叶种植面积的同时, 如何积极地寻求提升茶叶品质的途径才是保证浉河区茶叶生产可持续发展的必经之路。

郭桂义等人[1]研究了浉河区坡地茶园土壤的养分状况, 吴淑萍、唐剑锋[2] [3]等人在整个信阳市选取面积较大的成片茶园分析了信阳市茶园土壤有机质和速效氮磷钾的分布现状。他们在分析茶园土壤现状的时候, 并没有同时分析茶叶品质的状况及它们之间的相关性关系, 而李静、梁远发[4] [5]等人是从物质组成的角度分析了土壤性状与茶叶品质之间的相关性关系。鉴于此, 本文以信阳市浉河区三个乡镇的茶园土壤和茶叶为研究对象, 对其茶园土壤理化性状、微生物多样性和茶叶品质等指标进行了调查、测定, 根据测定结果分析土壤性状与茶叶品质间的相关性, 以判断信阳茶园土壤的生产性能, 找出茶树生产过程中存在的问题, 提出土壤生态改善措施, 为制订提高茶园土壤肥力、改善茶园土壤微生态环境、提高茶叶产量和品质的管理和技术措施提供理论依据。

## 2. 材料和方法

### 2.1. 土壤样品和茶叶样品的采集与处理

样品采集于清明节前进行, 此时茶树刚刚冒出嫩芽, 生长速度较为缓慢, 是春茶品质最好。样品采集地点选择在信阳茶叶主要种植区域浉河区谭家河乡、董家河镇和浉河港镇等三个乡/镇进行, 共采集 14 个土壤样品。选取具有代表性的成块茶园, 以五点采样法取 0~20 cm 的表层土壤, 采用四分法留足 1 kg 左右土壤装入样品袋并编号备用[6], 将需要进行基因测序的样品装入 15 ml 离心管, 用干冰包裹送样。剩余样品在托盘上依次摊开, 先剔除土样中较大的根和石子等杂物, 再将土样中较大的土块捏碎于托盘中自然风干后磨细, 分别过 18 目和 80 目的筛子后备用。其茶园生境状况如表 1。采取土壤样品的同时, 采摘茶园的鲜叶, 采取标准为一芽两叶, 为防止鲜叶氧化, 采摘当天对所采鲜叶于 135℃ 下杀青 5 分钟, 然后保持在 80℃ 直至烘干, 之后装袋备用。

### 2.2. 土壤理化性状测定方法

土壤 pH 值采用 SPM-10 数字式 pH 计测定, 水土比 1:1, 搅拌 1 分钟, 静止 30 分钟后测定; 土壤全氮量采用凯氏定氮法, 用硫酸在 380℃ 的条件下把土壤消解完全后, 消解液用凯氏定氮仪蒸馏后再用标准盐酸滴定; 碱解氮采用碱解扩散法, 在密封的扩散皿中, 用 1.8 mol/l 的氢氧化钠溶液水解土壤样品, 后由硼酸吸收, 再用标准盐酸滴定; 有效磷采用钼锑抗比色法, 用碳酸氢钠溶液浸提土壤样品, 加显色剂使浸提液显色后用分光光度计测定; 速效钾的测定采乙酸铵提取~火焰光度法, 以 1 mol/l 中性乙酸铵溶液为浸提剂,  $\text{NH}_4^+$  与土壤胶体表面的  $\text{K}^+$  进行交换, 浸出液中的钾用火焰光度计测定; 有机质采用重铬酸钾~油浴法, 在加热条件下, 用过量的重铬酸钾~硫酸溶液来氧化土壤有机质中的碳,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  等被还原为  $\text{Cr}^{3+}$ , 剩余的重铬酸钾用硫酸亚铁标准溶液滴定[7]。

### 2.3. 土壤微生物测定方法

微生物群落丰度和多样性采用 454 高通量基因测序技术[8], 将需要测序的土壤样品用 15ml 离心管装好用干冰寄送至北京, 由专业测序公司进行测定。

### 2.4. 茶叶品质的测定方法

茶叶水浸出物用沸水回流提取茶叶中可溶性物质, 再经过滤、冲洗、干燥、称量浸提后的茶渣, 计算水浸出物[9]; 茶叶中咖啡碱溶于水并除去干扰物质后, 用 274 nm 波长测定咖啡碱含量[10]; 茶游离氨基酸在 pH8.0 的条件下与茚三酮共热, 形成紫色络合物, 用分光光度计在 570 nm 波长下测定[11]; 茶多酚用 70% 的甲醇在 70℃ 水浴上提取, 用福林酚氧化并显蓝色, 在 765 nm 波长下测定[12]。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 茶园土壤 pH 与交换性酸含量

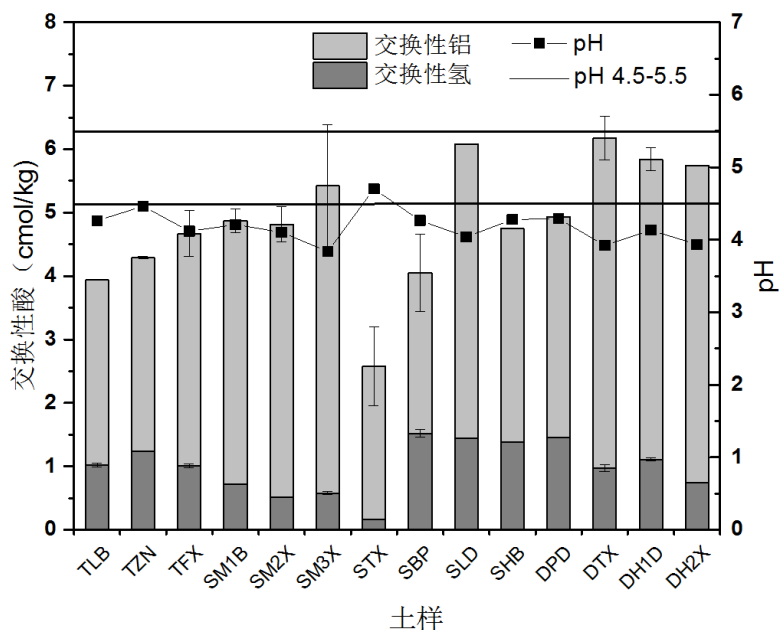
茶树是一种喜酸性经济作物, 能在 pH3.2~6.8 的土壤中生长, 其最适宜 pH 是 4.5~5.5。[13]但是茶树生长的土壤下限很宽松, 有很多高产茶树就生长在 PH 低于 5 的土壤上。但当 pH 值小于 4.0 时将影响茶树的正常生长和茶叶品质, 同时茶园土壤酸化程度的加剧会增加土壤重金属的活性, 增加重金属向茶叶中转移的可能, 从而危害人体健康。

供试茶园土壤 pH 值的测定结果如图 1 所示。从图 1 可以看出 14 个供试土壤样品中, 只有位于浉河港镇天星寨这一个茶园的土壤 pH 在茶园土壤最适 pH4.5~5.5 范围内, 其余的样品均低于最适 pH 的下限 4.5, 对茶树生长而言, 过低的 pH 无疑会影响茶叶的品质和产量。这与郭桂义、唐剑锋、吴淑萍[1] [2] [3]

**Table 1.** Investigation on habitat condition of tea garden tested**表 1.** 供试茶园生境状况调查表

编号	采样地点	茶树品种	树龄	海拔	坡向	坡度	周围环境描述
TLB	谭家河乡凌岗村	信阳早茶	30 余年	112.5 m	北坡	45°	茶园里有散养鸡, 与树间种
TZN	谭家河乡周家墩	未知	未知	115.6 m	南坡	40°	山脚池塘, 西侧临路, 与树间种
TFX	谭家河乡凤凰山老龙沟	信阳早茶	20 年	138.4 m	西坡	52°	与马尾松间种
SM1B	溱河港乡马家畈	外地清茶	16 年	125.4 m	西山北坡	48°	北侧为林地
SM2X	溱河港乡马家畈	信阳早茶	30 余年	130.7 m	东山西坡	30°	2010 年因病虫害严重, 放火烧过后就一直自然生长
SM3X	溱河港乡马家畈	信阳早茶	38 年	120.5 m	东山西坡	18°	茶园环境
STX	溱河港乡天星寨	龙井 43 号	16 年	385.7 m	西坡	38°	山顶, 林地较多
SBP	溱河港乡白庙村村白庙组	福建大白茶 7 号	16 年	135.3 m	路南平地	0°	南侧是茶园, 北侧临路, 稻改茶
SLD	溱河港乡林场村八里坡组	福建大白茶 7 号	16 年	284.3 m	东坡	25°	东西侧为茶园, 南侧是林地
SHB	溱河港乡黑龙潭南凤岬	福云六号	16 年	283.9 m	北坡	48°	坡地, 间作有树
DPD	董家河乡平桥水库	福云六号	8 年	147.4 m	东南坡	20°	南北侧林地, 西侧背靠山, 东临董家河上游
DTX	董家河乡石板山塔耳湾村	未知	16 年	229.4 m	西坡	35°	东边山脚临路, 南侧小片林地
DH1D	董家河乡黑土门村	信阳早茶	15 年	301.9 m	东坡	36°	东侧山脚临路, 林地较多
DH2X	董家河乡黑土门村	信阳早茶	15 年	310.6 m	西坡	38°	周围有小片林地

注: 土样编号为 3 个字母组合。第一个字母表示乡镇, T 表示谭家河, D 表示董家河, S 表示溱河港; 第二个字母表示村名, 例如天星寨用 T 表示, 林岗村用 L 表示, 数字表示同一村的不同地块; 第三个字母表示坡向, 分别用 D 表示东坡, X 表示西坡, N 表示南坡, B 表示北坡。

**Figure 1.** pH of soil and exchangeable acid**图 1.** 土壤的 pH 与交换性酸

等人的研究结果一致。同时, 大量研究表明[14] [15] [16], 我国茶园土壤都存在酸化的趋势。为进一步探究土壤 pH 偏低的原因, 本文又测定了土壤的交换性氢和交换性铝, 由图 1 可知土壤 pH 与交换性氢和交

换性铝成显著负相关，特别是与交换性铝的负相关性更显著。pH 最高的浉河港镇天新寨茶园 STX 对应的交换性酸含量最低。鉴于此，建议通过合理施用有机肥、碱性肥料或碱性物质如石灰、白云石粉或生物碳等，逐步调节信阳茶园土壤的 pH 值，创造一个最适宜茶树生长的 pH 值范围，对于提高茶叶的品质具有非常重要的意义。

## 3.2. 茶园土壤养分性质

### 3.2.1. 茶园土壤养分要素的统计学特征

按照反映离散程度的变异系数对养分变异性进行分级，变异系数 < 10% 为弱变异性；变异系数 10%~100% 之间为中等变异性；变异系数 > 100% 为强变异性[17]。从表 2 看出茶园土壤养分含量的变异系数在 5.50%~107.19% 之间，其中速效磷变异系数最大，属于强变异性，其余各养分均属中等变异性，pH 变异系数最小，为弱变异性。

### 3.2.2. 茶园土壤养分含量

供试茶园土壤有机质测定结果如图 2(a) 所示，由图可知，供试茶园土壤有机质范围为 20.67~56.09g/kg，均能达到表 3 高产优质茶园的肥力指标，大于 20g/kg。表明供试茶园土壤有机质含量充足，能满足茶叶生长所需。

由图 2(b) 可知，除董家河平桥水库编号为 DPD 的茶园土壤全氮量为 1.31 g/kg，未达到 1.5 g/kg，其余样品全部满足表 3 中高产优质茶园肥力指标的全氮含量。供试茶园中有 12 个土壤碱解氮含量大于高产优质茶园碱解氮的肥力标准 120 mg/kg，其余 2 个茶园 TLB 和 DPD 也基本达到了 100 mg/kg，略低于 120 mg/kg。总之，信阳茶园土壤氮素供应是充足的，这与郭桂义、唐剑锋[1] [3] 的研究结果一致。为了实现信阳浉河区茶园土壤的健康可持续发展，为了保证生产出高品质的茶叶产品，在今后的茶园管理过程中应适当减少氮肥的施用量，增加有机肥的施用量。

由表 3 可知高产优质茶园土壤有效磷含量应大于 10 mg/kg，从图 2(c) 可以看出 14 个供试样品中速效磷的含量均大于 10 mg/kg，但是有效磷含量变化范围在 11.07~274.67 mg/kg 之间，变异系数为 107.19%，说明各采样点差异较大。供试样品中，编号为 SBP 茶园速效磷最高为 274.67 mg/kg，此茶园地势较低，

Table 2. Statistical characteristics of soil nutrient status in tea garden

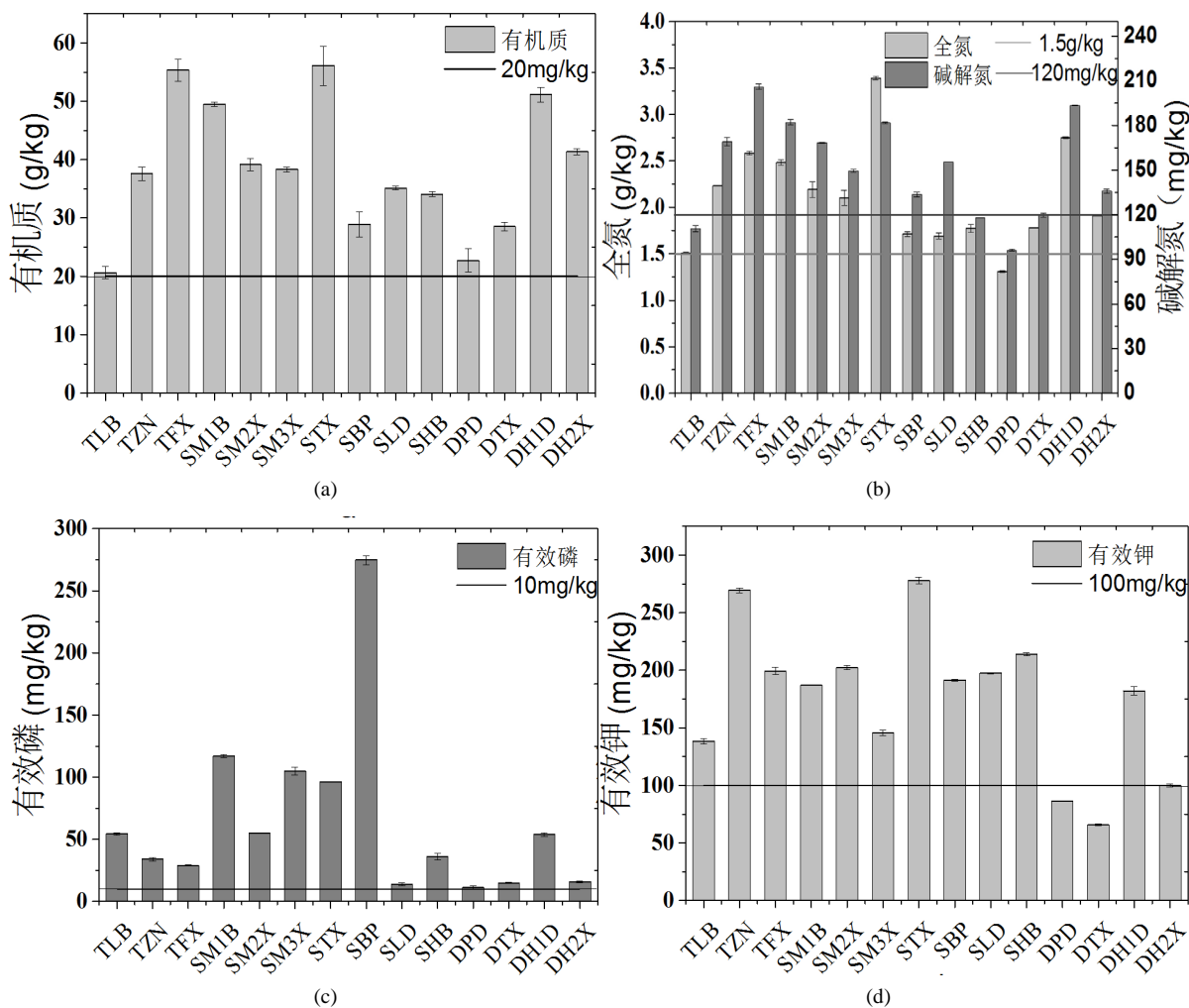
表 2. 茶园土壤的养分状况统计学特征

茶园土壤	最小值	最大值	均值	标准差	变异系数(%)
pH	3.383	4.701	4.185	0.23	5.50
有机质(g/kg)	20.67	56.09	38.47	11.34	29.48
全氮(g/kg)	1.31	3.39	2.10	0.56	26.67
碱解氮(mg/kg)	96.21	193.4	151.3	33.58	22.18
有效磷(mg/kg)	11.07	274.67	65.01	69.69	107.19
速效钾(mg/kg)	65.91	278.08	175.48	62.64	35.70

Table 3. Fertility index of high yield and good quality tea garden [18]

表 3. 高产优质茶园肥力指标[18]

性质	pH	有机质	全氮	碱解氮	有效磷	速效钾
		g/kg	g/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
含量	4.5-5.5	≥ 20	≥ 1.5	≥ 120	≥ 10	≥ 100



**Figure 2.** The nutrient content of soil in tea plantation

**图 2.** 茶园土壤养分含量

由稻田改为茶园，可能造成土壤磷含量积累所致。

由图 2(d)可以看出供试茶园中，有 12 个茶园土壤速效钾含量均高于表 3 高产优质茶园肥力指标值的 100 mg/kg，仅有 DPD 和 DTX 这 2 个土样未达到优质茶园速效钾标准，而且均位于董家河镇。这是由于董家河镇是信阳市相对开发较晚的茶园，茶农施肥经验不足，偏施 N、P，忽视 K 肥施用有关，因此在今后茶园管理中，除通过增施有机肥改良土壤外，还要做到平衡施肥，以确定土壤养分供应充足。

### 3.3. 茶园土壤微生物丰度和生物多样性特征

在自然土壤中生存着大量的微生物群，它们进行着一系列复杂的生物化学反应，对土壤肥力的作用举足轻重。但是环境中的微生物只有 1% 可用传统的平板计数法分离培养，所以这种方法并不适合微生物群落结构的分析。而高通量测序解决了不可培养这个问题，能够准确的反应土壤中微生物群落的丰度和多样性。Sequence 表示测得的序列数，把序列之间相似度高于 97% 的定义为一个 OUT (Operational Taxonomic Units)，每个 OTU 对应一种微生物。微生物群落丰度用 Chao1 和 ACE 指数表示。群落多样性用 Shannon 指数表示，Shannon 值越大，说明群落多样性越高。Coverage 是指各样本文库的覆盖率，其数值越高，则样本中序列被测出的概率越高，而没有被测出的概率越低。

由于浉河港镇是浉河区种植茶园年限最久的地区,因此对该镇的7个土壤样品进行高通量基因测序,细菌的测序结果如表4所示。细菌群落丰度最高的茶园为SHB,该茶园相比于其他茶园位于高海拔地区且施用过生物有机肥,茶园STX和SM1B的微生物丰度也相对较高,其中STX是所采茶园中海拔最高的,SM1B施用过有机肥料。群落多样性高的3个茶园分别是SLD、SHB和SBP,这3个茶园相比于其他茶园均施用过同种生物有机肥,且这3块茶园的样本文库覆盖率也最低。说明施用生物有机肥提高了茶园土壤的细菌群落丰度和多样性。

### 3.4. 茶叶品质指标及其与土壤养分含量的相关性分析

#### 3.4.1. 供试茶叶品质指标

茶叶品质一般包括水浸出物、咖啡碱、茶多酚和氨基酸等几种。百芽头重能反映茶树长势、茶芽饱满度和茶叶产量等。水浸出物在一定程度上反映了茶汤的浓淡和厚薄,是茶叶品质的综合表现,其含量一般在30%~47%,高品质信阳毛尖的水浸出物含量一般要求在38%以上。[19]咖啡碱能增强茶汤的醇度和鲜爽度,减轻苦味和粗涩味,但当其含量超过一定限度时将导致苦味显露,茶叶品质下降,一般含量在2%~4%。[20]茶多酚含量一般20%~25%,茶多酚含量过高,茶汤滋味苦涩,过低而滋味平淡。黄建琴等[21]的研究发现绿茶茶汤的鲜浓味大多是由茶氨酸决定,构成茶汤鲜味的主体物质是氨基酸,茶叶氨基酸含量应3%在以上,且越高越好。

供试茶园的茶叶品质如图3所示。供试样品水浸出物如图3(a)所示,均达到高品质信阳毛尖的标准大于38%;由图3(b)可知,咖啡碱的含量均在2%~4%之间;由图3(c)可以看出,供试茶园茶样茶多酚含量在16.46%~19.68%,低于优质茶叶茶多酚含量20%~25%,这可能是由于杀青不及时或者处理不当等原因导致茶多酚氧化所致;由图3(d)可知,供试样品中,仅TZX和SHB氨基酸含量稍低于3%。研究表明,所测的茶叶样品中,供试茶叶品质均满足优质茶叶的标准。

#### 3.4.2. 茶叶品质与土壤养分含量的相关性

土壤是茶树生长的基础,土壤肥力的高低与茶叶品质有着密切的关系,通过对茶叶品质和土壤养分含量的偏相关性分析,找出其中相应关系,可以为今后茶园管理,进一步提高茶叶品质提供理论支撑。如表5所示偏相关性分析的结果看出,供试茶园茶叶百芽头重与土壤全氮的偏相关系数为0.770,两者极显著正相关;水浸出物和咖啡碱的含量与土壤全氮的偏相关系数要明显高于其他土壤养分;氨基酸的含量与碱解氮的偏相关性更显著;而茶多酚含量与土壤中有效磷的偏相关性更为显著,这与胡明宇和梁远发[4][5]的研究结果基本相一致。但是由于茶叶品质与土壤养分的相关性是很复杂的,并不是只与某种单一的土壤养分有关,而是各种养分相互作用的综合结果。

**Table 4.** The abundance and diversity index of bacterial community

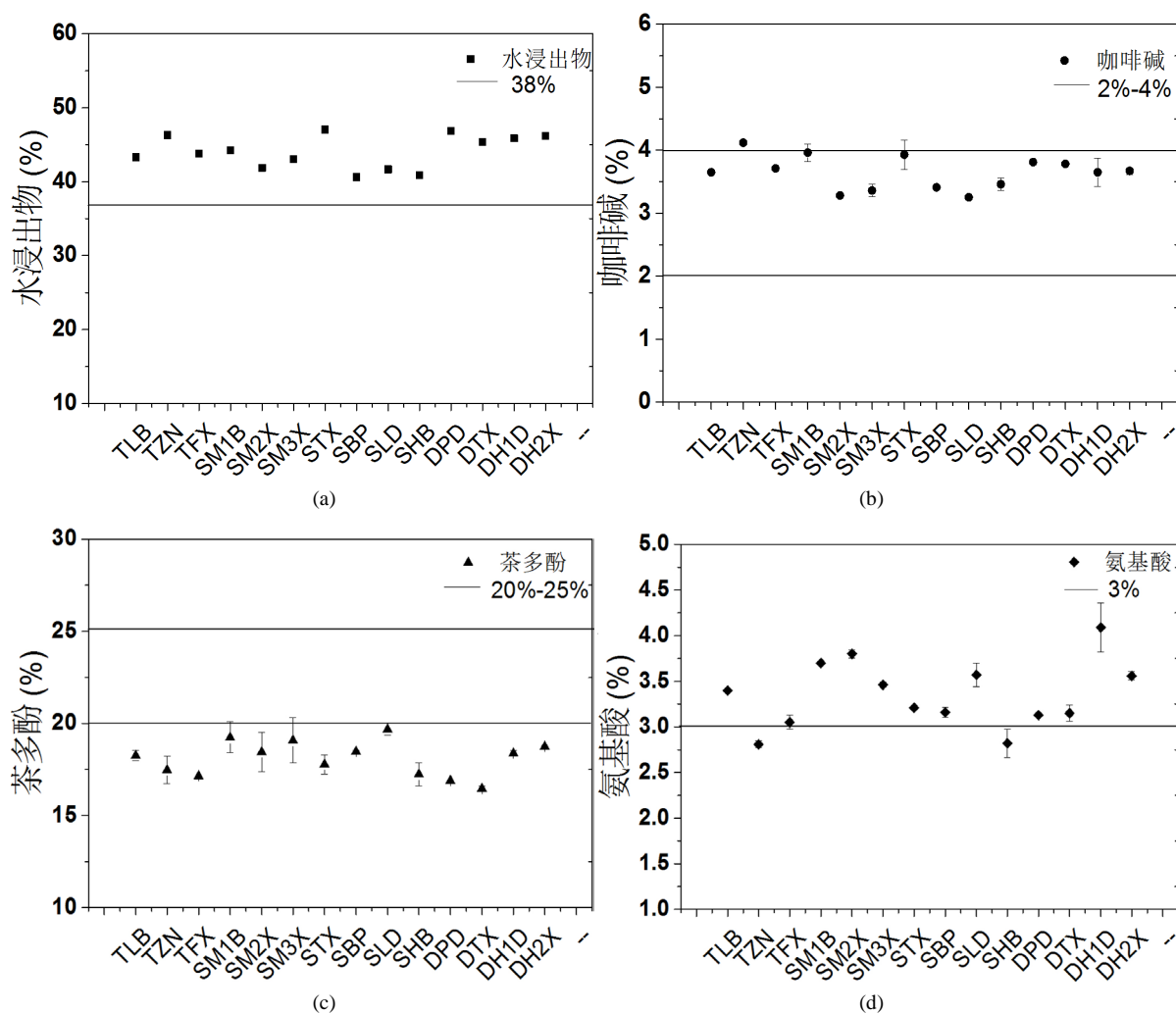
**表 4.** 细菌群落丰度和多样性指数

样品	Sequence	OTUs	ACE	Chao1	Shannon	Coverage
SM1B	40,025	4957	22,355	14,110	6.5344	0.9233
SM2B	30,821	4034	16,790	11,140	6.4511	0.9201
SM3B	31,791	3304	17,673	10,783	5.9565	0.9341
STX	30,730	6075	22,969	15,427	7.0568	0.8781
SBP	10,294	3884	18,146	9929	7.3069	0.7447
SLD	14,944	4778	15,828	10,552	7.5589	0.8063
SHB	14,184	5466	33,211	17,255	7.3184	0.7189

**Table 5.** Partial correlation analysis of tea quality and soil nutrients  
**表 5.** 茶叶品质与土壤养分的偏相关分析

品质	全氮	碱解氮	有效磷	有效钾	有机质
百芽头重	0.770**	0.630	-0.795**	-0.096	-0.828**
水浸出物	0.611	-0.138	-0.506	-0.452	-0.240
咖啡碱	0.416	-0.088	-0.258	-0.075	-0.176
氨基酸	0.106	0.422	0.126	-0.522	-0.156
茶多酚	-0.353	0.221	0.372	0.034	0.171

注: \*\*在 0.01 水平上显著相关。



**Figure 3.** The quality of tea in Xinyang tea area  
**图 3.** 信阳茶区茶叶品质

#### 4. 结论与讨论

通过对供试茶园土壤的测定, 可知信阳市浉河区茶园土壤 pH 值在 4 左右, 低于茶树最适宜的最低 pH 值 4.5~5.5; 供试茶园土壤全氮、碱解氮、有机质、速效磷含量丰富, 能够满足茶叶生长所需, 但是



速效磷的含量变异系数较大, 在日常生产中对速效磷含量过高的土壤要注意控制磷肥的施用量; 土壤速效钾的含量董家河镇的含量相对较低, 没有达到高产优质茶园土壤速效钾的含量 100 mg/kg, 该镇为信阳市新开发茶区。通过对浉河港镇茶园土壤的基因测序结果可以看出, 施加过有机肥的土壤微生物丰度和多样性均大于未施肥的茶园土壤。所采茶叶样品的茶叶品质中, 茶叶茶多酚的含量偏低, 茶水浸出物、咖啡碱和氨基酸含量都满足优质茶叶的标准。茶叶百芽头重、水浸出物和咖啡碱含量都与土壤全氮量的偏相关性最为显著, 茶多酚与土壤有效磷的偏相关性最为显著。

鉴于此, 信阳市浉河区在发展茶园生态农业旅游过程中, 应首先重视茶园的土壤管理, 建议补充含碱性的土壤调理剂如石灰、白云石粉和生物碳等, 以提高土壤 pH。不断改善茶园生态, 注重平衡施肥, 确保土壤养分的平衡, 实现浉河区茶园的可持续发展。

## 基金项目

河南省科技攻关项目: 茶园土壤生态修复关键技术研究及示范(122102110104); 抑病土壤微生物区系特征及调控技术(142102110149)。

## 参考文献 (References)

- [1] 郭桂义, 袁丁, 赵一俐, 等. 狮河区坡地茶园土壤养分状况初步研究[J]. 中国茶叶, 2008(1): 20-22.
- [2] 吴淑平, 吕立哲, 金开美, 等. 信阳市茶叶主产区茶园土壤养分状况研究[J]. 山东农业科学, 2014(10): 77-80.
- [3] 唐剑锋, 胡孔峰, 尹健, 等. 信阳市茶园土壤有机质和速效氮磷钾的分布[J]. 河南农业科学, 2007(5): 81-84.
- [4] 李静, 夏建国. 氮磷钾与茶叶品质关系的研究综述[J]. 中国农学通报, 2005(1): 62-65.
- [5] 梁远发, 田永辉, 王国华, 等. 乌江流域茶园土壤理化性状对茶叶品质影响的研究[J]. 中国农学通报, 2003(3): 44-46.
- [6] 李秀英, 赵秉强, 李絮花, 等. 不同施肥制度对土壤微生物的影响及其与土壤肥力的关系[J]. 中国农业科学, 2005(8): 1591-1599.
- [7] 鲍士旦. 土壤农业化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 22-100.
- [8] Li, Y.Y., Chen, L.Q. and Wen, H.Y. (2015) Changes in the Composition and Diversity of Bacterial Communities 13 Years after Soil Reclamation of Abandoned Mine Land in Eastern China. *Ecological Society of Japan*, **30**, 357-366.
- [9] GB/T 8305-2002. 茶水浸出物测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [10] GB/T 8312-2002. 茶咖啡碱测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [11] GB/T 8313-2008. 茶多酚测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [12] GB/T 8314-2013. 游离氨基酸总量测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [13] 杨普香, 阮建云, 尹晓云, 等. 江西省茶叶主产区茶园土壤养分现状分析[J]. 江西农业学报, 2013, 25(9): 66-67.
- [14] 廖万有. 我国茶园土壤的酸化及其防治[J]. 农业环境保护, 1998, 17(4): 178-180.
- [15] 马立峰, 石元值, 阮建云. 苏、浙、皖茶区茶园土壤 pH 状况及近十年来的变化[J]. 土壤通报, 2000, 31(5): 205-207.
- [16] 吴云, 杨剑虹, 魏朝富. 重庆茶园土壤酸化及肥力特征的研究[J]. 土壤通报, 2004, 35(6): 715-719.
- [17] 李传保. 信阳毛尖茶主产区坡地茶园土壤养分研究[J]. 信阳农业高等专科学校学报, 2007(3): 102-104.
- [18] 吴洵. 茶园土壤管理与施肥技术[M]. 金盾出版社, 2009: 20-23.
- [19] 刘佳. 豫南主栽茶树品种的信阳毛尖茶适制性分析[D]: [硕士学位论文]. 郑州: 河南农业大学, 2013.
- [20] 魏波. 铜锌对蒙山茶叶品质的影响[D]: [硕士学位论文]. 成都: 四川农业大学, 2009.
- [21] 黄建琴. 氨基酸在茶叶制造中的转化机理及对茶叶品质的影响[J]. 氨基酸杂志, 1992(1): 26-29.

**期刊投稿者将享受如下服务：**

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[hjss@hanspub.org](mailto:hjss@hanspub.org)