

武夷岩茶不同岩区品质形成研究进展

陈华葵¹, 杨江帆^{2*}

(1. 福建农林大学园艺学院, 福州 350002; 2. 福建农林大学经济与管理学院, 福州 350002)

摘要: 武夷岩茶是四大乌龙茶中闽北乌龙的典型代表。由于地理环境的不同, 武夷岩茶有正岩、半岩、洲茶之分。其中正岩茶香高味浓、醇而不涩, 其品质优于半岩茶和洲茶。而洲茶的品质较次于半岩茶, 这和其生长的环境、土壤因素有着重要关系。本文综述了武夷岩茶不同岩区风味品质差异的历史形成以及现代分析技术依据, 并从气候条件和土壤条件两方面分析形成不同岩区岩茶品质差异的成因, 得出武夷岩茶不同岩区风味品质差异主要是由于名岩产区独特的地质条件和优异的生态环境所生产出的茶鲜叶品质优良。并指出构建武夷山正岩茶产区自然生态模型将有助于自然生态已遭破坏的茶产区恢复生态环境, 提高茶叶品质, 同时也可作为茶叶设施农艺的理论依据; 另一方面对于不同岩区武夷岩茶感官品质的剖面分析可能是进一步研究形成正岩茶优异品质的方向, 或许能够为提高其他产区岩茶品质指明道路。

关键词: 武夷岩茶; 品质形成; 生态环境

Research progress in quality being of Wuyi rock tea in different areas

CHEN Hua-Kui¹, YANG Jiang-Fan^{2*}

(1. College of Horticulture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China; 2. College of Economics and Management, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

ABSTRACT: Wuyi rock tea is a typical example of Minbei Oolong tea from the Top Four Oolong Tea. It is classified into Zhengyan rock tea, Banyan rock tea and Zhou rock tea according to the different geographical conditions. Zhengyan rock tea smells high aroma as well as tastes strong and mellow but not astringency. The quality of Zhengyan rock tea is better than Banyan rock tea and Zhou rock tea. While the quality of Zhou rock tea is lower than Banyan rock tea because its environment and soil is the worst. This paper presented a review on the history and foundation of modern analysis technologies in Wuyi rock tea quality from different areas. And then different quality origins were analyzed by climate conditions and soil conditions. The quality of Wuyi rock tea from Famous rock area was better than which from Dan rock area perhaps because of Danxia landform and good climate condition. Constructing natural ecological model of Wuyishan rock tea would be good for restoring destruction ecological environment and improving the quality of tea, as the theoretical basis of the tea agricultural facilities. Finally, the article pointed out quantitative descriptive analysis would be the next step to analyze different quality origins from different areas. It would help to improve the quality of tea from Dan rock areas.

基金项目: 闽北茶产业升级关键技术与示范(N2011WZ01)、武夷岩茶精深加工与综合利用(A096)、高校产学研合作科技重大项目(2013N5009)

Fund: Supported by the Key Technology Research and Demonstration of the Tea Industry in South Fujian (N2011WZ01), the Deep Processing and Comprehensive Utilization of Wuyi Rock Tea (A096), and the Cooperation and Production of Universities Science and Technology Major Project (2013N5009)

*通讯作者: 杨江帆, 研究员, 主要研究方向为茶叶经济、文化与资源利用。E-mail: yjf3001@163.com

*Corresponding author: YANG Jiang-Fan, Professor, College of Economics and Management, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China. E-mail: yjf3001@163.com

KEY WORDS: Wuyi rock tea; quality formation; ecological environment

1 引言

武夷岩茶是在独特的武夷山自然生态环境下选用适宜的茶树品种进行繁育和栽培,并用独特的传统加工工艺制作而成,具有岩韵(岩骨花香)品质特征的乌龙茶^[1]。与其他茶类依据外形特征命名不同,岩茶根据制茶鲜叶所用的茶树品种不同分为武夷水仙、武夷肉桂、大红袍、名丛、奇种等。其特点在于以茶树名为茶叶名,这跟发现该品种/系时单株所在的地点有着密不可分的关系。因此,与葡萄酒讲究“风土”一样^[2],武夷岩茶有着“山场”之说。熟悉岩茶的茶客都知道岩茶有正岩、半岩和洲茶之分,其中正岩茶品质最优,半岩次之,洲茶品质最差。在这3个岩区之外又有吴三地水仙一说,即是吴三地所产的水仙品种岩茶尤其是树龄达到50年以上的武夷水仙具有独特的韵味。岩茶的产区直接影响着岩茶的售价。然而岩茶的“山场韵”,没有经过特殊感官训练的人是难以区分的,市场上鱼目混珠、以次充好的现象屡见不鲜。因此,对于不同岩区岩茶品质差异成因的研究总结概述十分必要且亟需进行。

2 武夷岩茶概况

由于独特的树种和特定的加工工艺,岩茶普遍具有花果香显著、锐则浓长清则幽远的品质特征^[3]。但优质武夷岩茶具有明显的岩韵,这产生于特定茶树栽培环境。“岩韵显”是岩茶品质身份的象征。

2.1 武夷岩茶不同岩区之分的历史来源

早在唐代,人们就已经意识到种植环境对茶叶品质的影响,陆羽在《茶经》中提到“其地,上者生烂石,中者生砾壤,下者生黄土”。始兴于宋的武夷茶恰好是同一地区3种不同自然环境的集合。因而从那时起人们就意识到三坑两涧所产的正岩茶品质最优、岩韵显,三坑两涧以外到九曲溪之间的半岩茶品质次之^[4],而以黄泥土为主的溪边洲茶品质最次。武夷岩茶除了正岩、半岩、洲茶之分外又可以将正岩和半岩合并称之为名岩区,此外称之为丹岩区。目前对武夷岩茶品质差异的研究主要在于正岩、半岩、洲茶之分和名岩、丹岩之分。地质学研究表明正岩区属丹霞地貌,半岩区介于丹霞地貌和河谷地貌的过渡区,洲茶则大多属于河谷地貌^[5]。正是由于这种特殊的地质特点,生长在岩崖上的正岩茶又被称为是盆景式栽种即用石头垒成茶峯。

2.2 武夷岩茶不同岩区品质差异的现代分析技术依据

通过感官审评区别正岩茶和非正岩茶对于非专业人士是有一定难度的。但基于近红外技术对正岩和半岩茶的

判别正判率能够达到100%^[6],基于多元化学指纹图谱的判别分析亦能很好地将正岩茶和半岩茶聚为两类^[7],这说明在化学成分上正岩茶和半岩茶有显著差异。研究表明^[8]名岩区肉桂品种茶树鲜叶内含物较其他地区丰富,尤其是茶叶中的主要呈味物质茶多酚、氨基酸和咖啡碱都显著高于丹岩地区。名岩区和丹岩区水仙品种茶树鲜叶中水浸出物和氨基酸含量亦达到差异显著水平^[9]。除了对不同岩区岩茶的品质差异分析外,金永淑等^[10]报道了不同产地铁观音品质的差异,张新亭等^[11]报道了不同产地龙井茶挥发物组成的差异。这说明产地的不同确实是茶叶品质的影响因素之一,而不同岩区岩茶品质差异的研究为探讨其形成成因奠定了可行性和必要性基础。

3 不同岩区岩茶品质差异的成因

3.1 气候条件对不同岩区岩茶品质差异的影响

茶叶产量与品质受生物与非生物等多方面影响,在气象因子中,光照、温度、湿度是影响茶树生长的主要因素^[12]。它们不同程度地影响着茶叶的内含物含量,其中以氨基酸和茶多酚受气象因子影响最大,咖啡碱和水浸出物受影响较小^[13]。

光照作为植物光合作用能量的直接来源,光照强度直接作用于茶树碳氮代谢的平衡。茶树耐阴喜阳,直射光有利于茶树碳代谢促进多酚类物质积累;漫射光有利于茶树氮代谢促进氨基酸类物质积累。国内外研究表明过强的光照及过高的温度会直接影响茶树氨基酸、咖啡碱的合成,使茶叶品质下降^[14-16]。肖润林等^[17]研究表明弱光在提高茶树新梢氨基酸总量的同时降低茶多酚总量,特别是在提高呈鲜味的氨基酸组分和降低儿茶素苦涩味指数上有显著效果^[18];在分子层面,通过对TS基因的启动子区域分析发现了多个相应光调节的顺式作用元件^[19]。在自然环境或大田生产中,茶园所处的森林覆盖率是决定该处茶树接受光照强度的主要因素。正岩产区位于武夷山世界自然遗产保护区内,具有良好的植被覆盖。武夷山地区栽培的茶树属于灌木或小乔木种,周围有高大的乔木荫蔽,而该地区所处的经纬度使得茶树在夏秋季能够得到不小于8.5 h/d的日照,这十分有利延长茶树的营养生长^[20]。一般来说制作红茶需要酚氨比较高的鲜叶原料,制作绿茶需要低酚氨比的鲜叶原料,乌龙茶的制作则居于两者之间^[21,22]。恰当的日照时间平衡着茶树的碳氮代谢,制茶所用的鲜叶得以有适宜加工乌龙茶的茶多酚和氨基酸含量。名岩产区的茶叶品质优于丹岩区的一个重要因素即在于名岩产区的茶树鲜叶有着更加适宜乌龙茶加工的酚氨比^[8]。正岩区多在岩崖间,阳光在岩石间发生折射;森林覆盖带来合适的光照强

度的同时增大了环境湿度, 阳光在水雾中发生漫射。折射光和漫射光利于岩茶茶体内含物的积累尤其促进芳香物质含量和种类的增多^[20], 因此正岩产区的茶叶香气优雅、馥郁, 内含物丰厚。亦有研究发现进行长达 3 周的弱光处理茶树新梢中的挥发性脂肪酸衍生物和苯环型挥发物的含量升高, 而乌龙茶典型的赋香物质萜烯类香气组分和糖苷类物质变化不明显。由此可见光照需要在一个适当的强度范围内才有利于茶叶品质的形成, 一味弱光对适制乌龙茶的武夷山茶区并不适合。适制乌龙茶的光照条件参数是一个值得进一步探讨确定的研究方向。

温湿度是影响茶叶品质与产量的另一个重要因素^[23]。茶树生长要求年降雨量在 600~6000 mm 之间^[24], 且茶树为叶用作物, 不停被采摘需要极大的供水量。持续高温和缺乏降水会造成土壤墒情降低, 这样恶劣的气候条件会对地下水水位低、灌溉不良的茶园造成严重影响, 导致茶树生长缓慢甚至叶片红变、枯黄、脱落^[25]。武夷岩茶主产区年降雨量>1500 mm, 具有春潮、夏湿、秋干、冬润的特点^[20]。但由于不同岩区间森林覆盖率不同, 导致土壤含水量分布的不同, 正岩产区的空气湿度年均能够达到 80% 左右^[20]。同时海拔也是影响降雨量的一个重要因素, 研究发现武夷山主峰地区年雨量、月雨量、雨日均随海拔高度而增加, 且降雨量以 4 月桃花汛期最大^[26]。由于特殊的工艺和品质要求, 武夷岩茶的采摘期大致在 4 月下旬到 5 月, 为成熟开面采。4 月充足的雨量使得茶树新梢得到良好生长。海拔高度对茶叶品质的影响亦有多方报道。陈春成等^[27,28]研究表明, 海拔高度与气温呈负相关, 而相对湿度明显提高; 海拔上升, 日照时数减少, 积温下降; 春梢萌芽期、茶叶采摘期等随海拔上升而延迟数天; 随海拔上升, 茶叶质量提高。然而并不是海拔越高茶叶的品质越好。唐颖等^[29]的研究表明中高海拔间茶叶品质的差异小于中高海拔与低海拔间茶叶品质的差异, 这样的差异在茶叶呈味物质和赋香成分上均有体现。过高的海拔导致日照不足和积温过低同样会影响茶树的正常生长。据程德瑜^[30]推理, 在一定的高度范围内, 随着海拔高度升高, 氨基酸含量提高, 但超过一定高度氨基酸含量反而降低, 品质下降。武夷山地处北纬 27°、东经 117°, 平均海拔在 1000 m 左右^[31], 10 °C 的活动积温达到 5000 °C, 能够满足茶树的生长需求^[20]。而正岩产区森林覆盖率高、降雨量较大、冬无严寒夏无酷暑、四季分明、昼夜温差大, 这样高山云雾出好茶的优势地理条件使得正岩茶即使在每年 7~8 月高温干旱的时期也能够正常生长且内含物丰富, 芳香物质含量高^[20]。

气候中的各个因子呈现交互作用, 过强的光照会使气温升高, 空气湿度降低; 同时, 温湿度还与海拔有较大关联。随海拔每上升 100 m 温度下降 0.44 °C, 在相同的高度下南坡的温度较北坡偏高^[24]。这些因子共同对茶叶品质起到影响作用。同样的, 并不是一味弱光、高湿、低温就

能够带来好的茶叶品质。应当是在一个适当的环境因子比例下, 造就了武夷岩茶优异的品质特性。目前的研究大多停留在差异分析和判别分析上, 对可复制的环境因子参数的确定还有待进一步的探讨。

3.2 土壤条件对不同岩区岩茶品质差异的影响

长期以来我国对武夷山地区不同岩区土壤条件已有较为深入的研究, 主要可以分为土壤的物理性状、土壤中的常量和微量元素的情况以及土壤肥力等方面。土壤物理性质主要表现在正岩区、半岩区和洲茶区土壤母质的不同导致的土壤含水量、透气性等不同。武夷山的地质条件属白垩纪武夷层, 下层石英班岩, 中部砾岩、贡岩、红沙岩、灿岩及凝灰岩^[32]。正岩区主要以丹霞地貌为主, 半岩区位于丹霞地貌和河谷地貌的过渡区, 洲茶则大多属于河谷地貌^[5]。因此正岩土壤以轻壤、黄红壤为主, 土层厚且疏松、含有较高的砾^[33,34], 这些地区矿物质和腐殖质受淋溶作用强, 土壤呈酸性、有机质含量高^[35]; 半岩区属黏壤土或砂砾土, 其水分和空气状态处于不断变化中^[32,36]; 洲茶以红壤为主, 土壤中粘粒较多, 这种土壤保肥能力较强但透气透水性差^[37]。茶树喜酸耐铝, 低 pH 值的土壤条件有利于茶树的生长^[38]。田永辉等^[35]的研究表明, 土壤孔隙率、气液相条件和容重等与茶叶氨基酸总量呈显著相关。生长在砂纸或石质黄红壤条件下的茶树内含物较为丰富^[35,39]。土壤母质与土壤矿质元素有着较为密切的关系^[40], 而不同产地的茶叶在所含矿质元素受产地影响亦有显著差异^[41]。其中土壤常量元素中的磷、钾、镁在正岩均高于洲茶区^[42]。姚月明^[43]以正岩、半岩、洲茶的茶园土壤为研究材料, 发现不同岩区间茶园三要素含量相互比例相距甚大, 正岩茶园磷钾高而氮低, 半岩茶园氮高而磷钾低, 洲茶茶园则介于二者之间。正岩区土壤中除速效钾和速效镁含量较高外, 水解氮、速效磷、速效钾和速效镁之间的比例也较半岩和洲茶合理^[32]。钾元素在茶树新梢中随成熟度增高而降低且具有调控茶树内含物的作用^[32], 氮磷钾的合理配施有助于提高茶叶氨基酸、咖啡碱和茶多酚的含量, 同时有助于降低酚氨比^[32,44,45]。镁和钾亦有助于提高茶树橙花叔醇、橙花醇、雪松醇等乌龙茶特征香气组分的含量^[32]。董迹芬等^[46]在研究茶叶产地土壤条件与茶叶香气时亦发现钾、磷、镁含量高的产地茶叶香气较好, 土壤钾元素含量对改善茶叶香气具有明显效应。茶树作为叶用作物, 磷能够促进茶树生长, 促进糖分向茶多酚转化, 并提高氨基酸含量, 同时提高叶绿素和类胡萝卜素的含量^[32]。微量元素中的铜和锌可能是造成名岩产区茶叶品质高于丹岩地区的原因之一^[47]。这些土壤因素形成正岩产区岩茶鲜叶茶多酚、咖啡碱和氨基酸显著高于洲茶地区鲜叶的优势物质基础, 因而在制成半成品茶后正岩茶除了主要的呈味物质含量显著高于洲茶地区外, 水浸出物亦显著高于洲茶地区^[8]。因此, 正岩产区岩茶香高味浓, 醇而不涩跟其所处的土壤条件有着密切关系。

4 结论与展望

综上所述,正岩产区岩茶的品质优于武夷山其他地区的主要原因在于正岩产区的岩茶鲜叶品质高于其他地区。而造成鲜叶品质优良的关键因素离不开正岩区特有的自然生态环境。武夷山独特的老年丹霞地貌造就了适宜茶树生长的疏松、肥沃、偏酸性土壤条件;加之世界自然遗产的环境保护带来丰厚的植被覆盖以及适宜的海拔高度形成空气湿度大、漫射光比例大的微域环境,有利于茶树内含物和芳香物质积累。这些给其他产茶地区带来的指导主要为生产茶叶不能以破坏环境为代价,以牺牲环境为代价的追求产量只会造成茶叶品质的下降从而影响整个茶行业的产销。而构建武夷山正岩茶产区自然生态模型是接下来非常值得探究的课题之一,这将有助于自然生态已遭破坏的茶产区恢复生态环境,提高茶叶品质,同时也可作为茶叶设施农艺的理论依据^[48]。另一方面,武夷岩茶不同岩区间茶叶品质差异作为一种既定的事实尚缺乏感官上的描述性分析,从现有的报道看对武夷岩茶的感官分析仅停留在审评阶段,描述性分析仅有针对不同品种间的差异分析^[49]。对不同岩区间岩茶进行描述性分析有助于消费者理解不同岩区岩茶品质的特点^[50],同时有助于促进对不同岩区岩茶品质差异形成的研究,从而提高丹岩区岩茶的品质。

参考文献

- [1] GBT 18745-2006 地理标志产品 武夷岩茶[S].
GB 18745-2006 Geography signs products-Wuyi rock tea[S].
- [2] Reinhard, LW. 从“奥斯勒度”到“风土”——德国近代葡萄酒史[J]. 酒世界, 2013, (1): 76-79. Reinhard LW. From "Oechsle" to "erroir"——Modern history of Germany viniculture [J]. Wine World, 2013, (1): 76-79.
- [3] 孙威江, 陈泉宾. 土壤化学环境及鲜叶营养元素对武夷岩茶香气成分的影响[C]. 第四届海峡两岸茶业学术研讨会论文集, 2006.
Sun WJ, Chen QB. Effect on chemical environment in soil and nutritive element of leaf to odorous constituents [C]. The fourth both sides of the straits tea science seminar, 2006.
- [4] 郭雅玲. 武夷岩茶品质的感官审评[J]. 福建茶叶, 2011, (1): 45-47.
Guo YL. Sensory evaluation of Wuyi rock tea [J]. Tea Fujian, 2011, (1): 45-47.
- [5] 刘尚仁. 福建武夷山风景名胜及其附近地区的地貌研究[J]. 热带地理, 2004, (3): 216-241.
Liu SR. Physiognomy study in Fujian Wuyi mountain and it's vicinity [J]. Trop Geog, 2004, (3): 216-241.
- [6] 周健, 成浩, 王丽莺等. 基于杠杆率校正的PLS-DA法对正半岩武夷岩茶的识别研究[J]. 茶叶科学, 2009, 29(1): 34-40.
Zhou J, Cheng H, Wang LY *et al.* Study on identification of PLS-DA leverage Between Zhengyan and Banyan Wuyi Rock Based on the Leverage ratio' correction [J]. J Tea Sci, 2009, 29(1): 34-40.
- [7] 周健, 王丽莺, 成浩, 等. 基于多元化学指纹图谱的武夷岩茶身份判别研究[J]. 茶叶科学, 2010, 2(30): 83-88.
Zhou J, Wang LY, Chen H, *et al.* Discriminant classification of Wuyi Yan tea based on multiple chemical fingerprint [J]. J Tea Sci, 2010, 30(2): 83-88.
- [8] 陈华葵, 杨江帆. 不同岩区肉桂品种茶叶品质化学成分分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, (4): 1287-1294.
Chen HK, Yang JF. Analysis of the chemical component on quality of Rougui tea in different rock areas [J]. J Food Saf Qual, 2015, (4): 1287-1294.
- [9] 陈泉宾. 土壤条件对武夷岩茶品质的影响与调控[D]. 福州: 福建农林大学, 2005.
Chen QB. Effects and regulations on quality of Wuyi Cliff tea of soil condition [D]. Fuzhou: Fujian Agric Forestry Univ, 2005.
- [10] 金永淑, 郑金贵, 杨江帆, 等. 不同产地铁观音生化品质的差异分析[J]. 江苏农业科学, 2013, (12): 325-327.
Jin YS, Zheng JG, Yang JF *et al.* Analysis of quality different of Tieguanyin from different areas [J]. Jiangsu Agric Sci, 2013, (12): 325-327.
- [11] 张新亭, 王梦馨, 韩宝瑜. 3个不同地域龙井茶香气组成异同的解析[J]. 茶叶科学, 2014, (4): 344-354.
Zhang XT, Wang MX, Han BY. Analysis on similarities and differences of aromatic composition in Longjing teas from three producing regions [J]. J Tea Sci, 2014, (4): 344-354.
- [12] 曹潘荣, 刘鲜明, 高飞谋, 等. 微域环境对单丛茶新梢生长与品质的影响[J]. 华南农业大学学报(自然科学版), 2002, 23(4): 5-7.
Cao PR, Liu XM, Gao FD *et al.* The effect of areas to the quality and growth of Dancong tea culture [J]. J South China Agric Univ (Nat Sci Ed), 2002, 23(4): 5-7.
- [13] 李春华, 王云. 四川名茶矿质元素含量研究(英文) [J]. Agricultural Science & Technology, 2009, 2(10): 130-133
Li CH, Wang Y. Analysis of mineral elements in 13 famous tea varieties in Sichuan province [J]. Agric Sci Technol, 2009, 2(10): 130-133.
- [14] 庄晚芳. 茶树栽培学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1979.
Zhuang WF. Tea cultivation science [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1979.
- [15] 王泽农. 茶叶生物化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1980.
Wang ZN. Tea biochemistry [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1980
- [16] 阿南丰正, 中川致之. 光对茶叶化学成分含量的影响[J]. 日本农艺化学会志, 1975, 48(2): 91.
Anan Housei, Nakagawa Chimitu. The effect of light on the content of chemical components in tea leaves [J]. J Agric Chem Soc Japan, 1975, 48(2): 91.
- [17] 肖润林, 王久荣, 单武雄. 不同遮荫水平对茶树光合环境及茶叶品质的影响[J]. 中国生态农业学报, 2007, (6): 6-11.
Xiao RL, Wang JR, Dan WX. The effects of different shading levels on photosynthetic environment and tea quality of tea [J]. Chin J Eco-Agric, 2007, (6): 6-11.
- [18] 石元值, 方丽, 吕闰强. 树冠微域环境对茶树碳氮代谢的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2014, (5): 1250-1261.
Shi YZ, Fang L, Lv RQ. The effect of tree crown on carbon and nitrogen metabolism of tea tree [J]. J Plant Nutr Fert, 2014, (5): 1250-1261.
- [19] 宛晓春. 茶叶生物化学研究进展[J]. 茶叶科学, 2015, (1): 1-10.
Wan XC. The advances in research on biochemistry of tea [J]. Tea Sci, 2015, (1): 1-10.
- [20] 徐桂妹, 陈泉宾. 武夷岩茶产区的气候条件分析[J]. 茶叶科学技术,

- 2009, (3): 36-38.
- Xu GM, Chen QB. Analysis of climate condition from different areas in Wuyi mountain [J]. *Tea Sci Technol*, 2009, (3): 36-38.
- [21] 程启坤. 茶叶品种适制性的生化指标-酚氨比[J]. *中国茶叶*, 1983, (1): 38.
- Cheng QK. Biochemical indicators of the fitness of tea varieties- the rate of amino acids [J]. *Tea China*, 1983, (1): 38.
- [22] 陈岱卉, 叶乃兴, 邹长如. 茶树品种的适制性与茶叶品质[J]. *福建茶叶*, 2008, (1): 2-5.
- Chen DH, Ye NX, Zou CR. Processing suitability of tea culture and its quality [J]. *Tea Fujian*, 2008, (1): 2-5.
- [23] 罗晓丹, 潘启日. 广东省阳山县茶叶产量和质量与气象及生态因子的关系分析[J]. *河北农业科学*, 2010, (4): 6-7+10.
- Luo XD, Pan QR. Analysis on the relationship between yield and quality of tea and meteorological and ecological factors in Yangshan county Guangdong province [J]. *J Hebei Agric Sci*, 2010, (4): 6-7, 10.
- [24] 吴灰全, 万瀚仁, 周萌. 武夷山茶叶生产的气候条件分析[J]. *农业与技术*, 2014, (12): 122.
- Wu HJ, Wan HR, Zhou M. Analysis of climate condition of tea production in Wuyi mountain [J]. *Agric Technol*, 2014, (12): 122.
- [25] 姜燕敏, 马军辉, 李汉美, 等. 丽水市 2013 年 7-8 月高温热害对茶叶生产的影响[J]. *中国农学通报*, 2014, (16): 158-163.
- Jiang YM, Ma JH, Li HM. The effect of high temperature heat damage on tea production in Lishui city in 2013 July and August [J]. *Chin Agric Sci Bull*, 2014, (16): 158-163.
- [26] 林之光, 彭开秀, 安顺清, 等. 武夷山主峰地区降水气候特征[J]. *气象科技*, 1982, (2): 33.
- Lin ZG, Pen KX, An SQ, *et al.* Climate characteristics of precipitation [J]. *Meteorol Sci Technol*, 1982, (2): 33.
- [27] 陈春成. 不同海拔高度对山地茶叶生产的影响[J]. *福建林业科技*, 2000, (4): 67-68, 77.
- Chen CC. Influences of different elevations on tea production in the mountainous area [J]. *J Fujian Forestry Sci Technol*, 2000, (4): 67-68, 77.
- [28] 宛晓春. 茶叶生物化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- Wan XC. *Tea biochemistry* [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2003.
- [29] 唐颢, 方华春, 唐劲驰, 等. 凤凰单丛茶品质地域性差异的生化基础[J]. *食品科学*, 2015, 36(20): 168-173.
- Tang H, Fang HC, Tang JC, *et al.* The biochemical basis of regional differences in the quality of the tea in Phoenix [J]. *Food Sci*, 2015, 36(20): 168-173.
- [30] 程德瑜. 高山优质绿茶的农业气象条件分析[J]. *农业气象*, 1987, (3): 20-21.
- Cheng DY. Analysis of agricultural climate condition to high mountain green tea [J]. *Agric Clim*, 1987, (3): 20-21.
- [31] 宋朝枢. 福建武夷山自然保护区概况[J]. *野生动物保护*, 1980, (1): 11-13.
- Song CS. The survey of the natural reserve region of the Wuyi mountains, Fujian province [J]. *Wild Animal Prot*, 1980, (1): 11-13.
- [32] 林贵英. 土壤理化性状对武夷岩茶品质的影响[J]. *福建茶叶*, 2005, (3): 23-25.
- Lin GY. The physical and chemical properties effect of soil to Wuyi rock tea [J]. *Tea Fujian*, 2005, (3): 23-25.
- [33] 福建省农科院茶叶研究所土肥室. 武夷岩茶及其土壤调查总结报告 I [J]. *茶叶科学简报*, 1984, (1): 2-6.
- The Office of Soil and Fertilizer, Tea Research Institute, Fujian Academy of Agriculture Sciences. Summary report of Wuyi rock tea and investigation of soil I [J]. *Tea Sci Pre*, 1984, (1): 2-6.
- [34] 福建省农科院茶叶研究所土肥室. 武夷岩茶及其土壤调查总结报告 II [J]. *茶叶科学简报*, 1984, (2): 1-5.
- The Office of Soil and Fertilizer, Tea Research Institute, Fujian Academy of Agriculture Sciences. Summary report of Wuyi rock tea and investigation of soil II [J]. *Tea Sci Pre*, 1984, (2): 1-5.
- [35] 陈子聪, 颜明娟, 林琼, 等. 茶园土壤物理性状对茶叶品质的影响研究[J]. *茶叶科学技术*, 2009, 03(3): 12-15.
- Chen ZC, Yan MJ, Lin Q, *et al.* Effect of soil physical properties in tea garden to the quality of tea [J]. *Tea Sci Technol*, 2009, 03(3): 12-15.
- [36] 刘振中. 武夷山的形成与地貌发育特征[J]. *南京大学学报(自然科学版)*, 1984, 03: 567-576, 608, 464.
- Liu ZZ. The Formation and landform features of Wuyishan [J]. *J Nanjing Univ (Nat Sci Ed)*, 1984, 03: 567-576, 608, 464.
- [37] 聂明华. 武夷山不同垂直地带土壤理化性质和土壤类型[J]. *安徽农学通报*, 2008, (9): 64-65.
- Nie MH. The Soil physical and chemical properties and soil types in different vertical zones in Wuyishan [J]. *Anhui Agric Bull*, 2008, (9): 64-65.
- [38] 林智, 吴洵, 俞永明. 土壤 pH 值对茶树生长及矿质元素吸收的影响[J]. *茶叶科学*, 1990, 2(10): 27-32.
- Lin Z, Wu X, Yu YM. The effect of pH value on the growth and mineral elements absorption of tea tree [J]. *Tea Sci*, 1990, 2(10): 27-32.
- [39] 李以暖, 王凯荣. 茶叶品质与环境地质关系的探讨[J]. *茶叶*, 1995, (2): 5-7, 48.
- Li YR, Wang KR. The discussion between tea quality and geological environment [J]. *Tea*, 1995, (2): 5-7, 48.
- [40] 方玲, 伊仁青, 张庆孝, 等. 不同母质的土壤对乌龙茶生化品质的影响[J]. *福建农业大学学报*, 1999, (4): 461-465.
- Fang L, Yin RQ, Zhang QX, *et al.* Effects of different mother material soils on biochemical characteristics of oolong tea [J]. *J Fujian Agric Univ*, 1999, (4): 461-465.
- [41] 康海宁, 杨妙峰, 陈波, 等. 利用矿质元素的测定数据判别茶叶的产地和品种[J]. *岩矿测试*, 2006, 25, (1): 22-26.
- Kang HN, Yang MF, Chen B, *et al.* Trace element determination in teas and discrimination analysis for teas [J]. *Rock Mineral Anal*, 2006, 25, (1): 22-26.
- [42] 孙威江, 陈泉宾. 土壤化学环境及鲜叶营养元素对武夷岩茶香气成分的影响[C]. 第四届海峡两岸茶业学术研讨会论文集, 2006.
- Sun WJ, Chen QB. Effect on chemical environment in soil and nutritive element of leaf to odor constituents [C]. Th4 both sides of the straits tea science seminar, 2006.
- [43] 姚月明. 形成武夷岩茶品质特征的相关因子[J]. *福建茶叶*, 1997, (3): 25-26.
- Yao YM. The factors related to the quality characteristics of Wuyi rock tea [J]. *Tea Fujian*, 1997, (3): 25-26.
- [44] 罗凡, 龚雪娇, 张厅, 等. 氮磷钾对春茶光合生理及氨基酸组分的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2015, (1): 147-155.
- Luo F, Gong XJ, Zhang T. The effect of photosynthetic physiology and amino acid composition of tea by NPK [J]. *J Plant Nutr Fert*, 2015, (1):

- 147–155.
- [45] 李纪艳. 不同生态条件对茶叶品质的影响[C]. 第二届海峡两岸茶业博览会暨国际茶业高峰论坛论文集, 2008.
- Li JY. Different ecological condition affect at tea quality [C]. The second peak BBS on tea expo and the international tea industry across the Taiwan straits, 2008.
- [46] 董迹芬, 边金霖, 朱全武, 等. 茶叶香气与产地土壤条件的关系[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2013, 3(39): 309–317.
- Dong JF, Bian JL, Zhu QW. Relationship between the aroma of tea and the soil conditions of producing area [J]. J Zhejiang Univ (Agric Life Sci Ed), 2013, 3(39): 309–317.
- [47] 陈华葵, 杨江帆. 土壤微量元素对武夷肉桂茶品质的影响[J]. 亚热带植物科学, 2014, (3): 216–221.
- Chen HK, Yang JF. Effect of soil's micronutrient element on the quality of Wuyi rougui tea [J]. Sub Plant Sci, 2014, (3): 216–221.
- [48] 金珊. 设施栽培对茶叶品质 and 经济效益的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2008.
- Jin S. The effect of the tea's quality and Economic performance under the greenhouse cropping [D]. Yangling: Northwest Agriculture and Forestry University, 2008.
- [49] 陈躬瑞, 林惠玉, 刘志彬, 等. 武夷岩茶的感官定量描述分析[J]. 中国食品学报, 2013, (7): 222–228.
- Chen GR, Lin HY, Liu ZB, *et al.* Sensory evaluation of Wuyi rock tea by quantitative descriptive analysis [J]. J Chin Ins Food Sci Technol, 2013, (7): 222–228.
- [50] 张颖彬, 金寿珍, 王国庆, 等. 浙江省“十大名茶”感官品质分析及风味轮的构建[J]. 茶叶科学, 2015, (3): 225–232.
- Zhang YB, Jin SZ, Wang GQ, *et al.* Establishment of flavor wheel and analysis of sensory quality of the "top ten famous tea" in Zhejiang [J]. Tea Sci, 2013, (7): 222–228.

(责任编辑: 杨翠娜)

作者简介



陈华葵, 硕士研究生, 主要研究方向为茶叶栽培与品质。
E-mail: 553854117@qq.com



杨江帆, 硕士, 研究员, 博士生导师, 主要研究方向为茶叶经济、文化与资源利用。
E-mail: yjf3001@163.com