

顾俊荣,张丽,刘腾飞,等.不同茶果间作下洞庭碧螺春茶叶中矿质元素与茶多酚等有效成分的分析[J].江苏农业科学,2015,43(12):325-328.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.12.103

不同茶果间作下洞庭碧螺春茶叶中矿质元素与茶多酚等有效成分的分析

顾俊荣¹,张丽²,刘腾飞¹,杨代凤¹,邓金花¹,陆皓茜¹,钱辉¹,董明辉¹

(1.江苏太湖地区农业科学研究所,江苏苏州 215155; 2.苏州市职业大学,江苏苏州 215104)

摘要:苏州洞庭碧螺春茶园是我国著名的茶果间作区,为研究不同茶果间作模式对茶叶品质的影响,以不同茶果间作茶园茶叶为材料,采用原子吸收光谱法和高效液相色谱法,研究茶叶中矿质营养元素和茶多酚等有效成分的差异。结果发现,茶果间作促进茶叶中铁(Fe)、铜(Cu)、镁(Mg)、锌(Zn)、钾(K)、钠(Na)等矿质元素的累积,降低了茶鲜叶可可碱和咖啡碱含量,提高了茶碱和没食子酸的含量;茶叶中非酯型儿茶素(EC、EGC)含量增加,酯型儿茶素(EGCG)含量降低。各有效成分含量之间的差异性在不同茶果间作类型间有差异,表现出不同的变异系数。

关键词:茶果间作;碧螺春茶叶;矿质营养元素;茶多酚;生物碱;儿茶素

中图分类号: TS272.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)12-0325-03

苏州洞庭山碧螺春茶区位于太湖之滨,空气湿润,气候温和,年平均气温 15.5~16.5℃,年降水量 1 200~1 500 mm,年均日照时间为 1 812.8 h。土壤由山丘岩石风化而成,呈微酸性或酸性,土壤有机质和磷含量较高,极适宜茶树生长,该地出产的碧螺春是中国的十大名茶之一。该茶区因常年茶果间作,茶吸果香,花融茶味,二者相得益彰,成为了中国著名的茶、果间作区,加之太湖周边气候温和湿润,得天独厚的生长环境孕育了碧螺春的良好品质,2003 年苏州东洞庭山和西洞庭山生产的“洞庭山碧螺春”(或称“洞庭碧螺春”)获得国家原产地域产品保护。

以往研究表明,茶果(林)间作对茶园生态^[1-3]、茶叶品质^[4]、茶园病虫害^[5]均有较大的影响。由于茶园土壤生态的不同,土壤中不同的矿质元素含量对茶叶品质的形成有较大的影响^[6]。作为中国著名的茶果间作区,这方面的研究偏少。目前洞庭山碧螺春茶区茶果间作有 10 余种类型,但关于茶果间作对碧螺春茶叶品质的影响及其不同类型间差异的研究几乎未见报道。开展不同茶果间作模式对茶叶品质的影响研究,不仅可为碧螺春茶叶的高效安全生产提供理论依据,同时可为生产上选择建立适宜的茶果间作模式、提升洞庭碧螺春茶叶品质提供技术支撑,促进碧螺春茶的安全生态可持续发展。

1 材料与方法

试验地位于苏州市吴中区东洞庭山碧螺春茶园,地理坐

标 120°20′~120°35′E,30°00′~31°21′N。土壤由山丘岩石风化而成,呈微酸性或酸性,土壤有机质、磷含量较高。

1.1 试验设计

于 2013 年 10 月选择了茶-杨梅(A)、茶-枇杷(B)、茶-银杏(C)、茶-柑橘(D)、茶-板栗(E)间作区、碧螺春纯茶园(CK)6 种种植模式茶园,茶果龄均在 30 年左右。按照 S 点取样法摘取 1 芽 1 叶鲜叶混合,3 个重复,部分混合样冷冻保藏用于品质分析,部分混合样烘干用于矿质元素分析。所选茶园中纯茶园地势较为平坦,其他 5 种间作茶园坡度在 10°~25°之间,几种模式施肥方式一致,均以饼肥作为基肥,二次追肥施复合肥和尿素。

1.2 茶鲜叶中有效成分含量分析

1.2.1 样品前处理 称取 4.0 g 粉碎的茶鲜叶,加入 20 mL 50% 的乙腈溶液,均质提取 2 min;然后以 7 000 r/min 转速离心 2 min 后取上清液,残渣按上述步骤重复提取 1 次;合并 2 次提取的上清液,混匀,定容至 50 mL。准确移取 1 mL 提取液,氮吹除去乙腈,用超纯水定容至 2 mL,离心后取上清液供液相色谱分析。

1.2.2 色谱分析条件 仪器为 Waters e2695 高效液相色谱仪。色谱柱:X-Terra C₁₈柱(250 mm×4.6 mm,5μm);流动相 A:0.05% 三氟乙酸,流动相 B 为乙腈;DAD 检测波长:280 nm;柱温:25℃;流速:1 mL/min;进样量:20 μL;梯度洗脱条件见表 1,线性洗脱。

在本色谱条件下,4 种儿茶素、3 种生物碱、没食子酸的高效液相色谱图见图 1。比较样品与标样峰的保留时间来确定有效成分的种类,根据峰面积确定含量。

1.3 茶叶中矿质元素的测定

茶叶中矿质元素含量采用原子吸收光谱法^[7]测定。

2 结果与分析

2.1 不同茶果间作茶叶中矿质影响元素含量差异

表 2 列出了不同茶果间作对茶叶中 9 种矿质营养元素的

收稿日期:2014-11-10

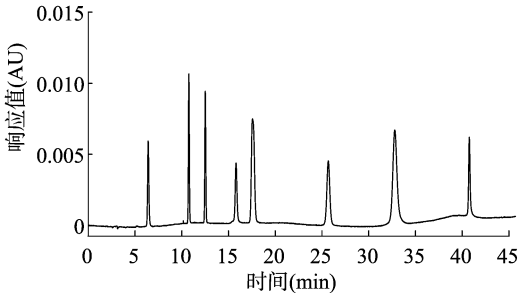
基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(14)2102];苏州市农业科技支撑计划(编号:SG201442)。

作者简介:顾俊荣(1982—),男,江苏苏州人,助理研究员,主要从事农产品质量安全与控制技术研究。E-mail:aily.0412@163.com。

通信作者:董明辉,博士,研究员,主要从事农产品质量安全与控制技术研究。E-mail:mhdong@yzu.edu.cn。

表 1 梯度洗脱条件

| 时间 (min) | 流动相 A(%) | 流动相 B(%) |
|----------|----------|----------|
| 0 | 98 | 2 |
| 2 | 98 | 2 |
| 8 | 92 | 8 |
| 30 | 90 | 10 |
| 35 | 80 | 20 |
| 45 | 75 | 25 |
| 50 | 70 | 30 |
| 56 | 40 | 60 |
| 60 | 98 | 2 |



色谱峰由从左向右依次为：没食子酸、可可碱、茶碱、表没食子儿茶素(EGC)、咖啡碱、表儿茶素(EC)、表没食子儿茶素没食子酸酯(EGCG)、表儿茶素没食子酸酯(ECG)

图1 高效液相色谱结果

表 2 不同茶果间作茶叶中矿质元素含量差异

| 类别 | 含量 (mg/kg) | | | | | | | 变异系数 (%) |
|----|------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|---------|-------------|
| | CK | A 模式 | B 模式 | C 模式 | D 模式 | E 模式 | 平均值 | |
| Fe | 128.9d | 128.1d | 148.0c | 177.1a | 167.9ab | 155.9bc | 130.2 | 43.1 |
| Cu | 10.5d | 12.0cd | 15.8a | 14.4ab | 14.8a | 12.7bc | 12.8 | 16.4 |
| Mn | 392.5a | 100.5b | 384.8a | 323.1a | 389.5a | 358.4a | 314.5 | 40.9 |
| Zn | 31.9cd | 28.6d | 50.6a | 38.9bc | 43.6ab | 34.9cd | 36.6 | 25.2 |
| Mg | 1 831.5abc | 1 563.9c | 1 945.9abc | 2 055.1ab | 2 286.0ab | 2 387.7a | 1 923.3 | 17.3 |
| K | 4 362.5c | 6 149.0ab | 6 875.7a | 5 864.0b | 5 939.7b | 5 599.1b | 5 541.3 | 16.5 |
| Na | 226.2bc | 284.1a | 204.7c | 295.7a | 281.8a | 265.0ab | 248.2 | 17.3 |
| Ca | 1 582.3a | 591.2b | 1 892.8a | 1 595.5a | 2 078.8a | 1 312.9ab | 1 465.7 | 46.9 |
| Al | 2 759.4a | 2 810.6a | 2 816.7a | 2 828.6a | 2 827.8a | 2 794.2a | 2 661.2 | 1.9 |

注:同行数字后标有不同小写字母表示在 0.05 水平上的差异显著。

影响,结果显示除铝(Al)元素含量在不同间作模式间的变异系数为 1.9%,相互之间无显著差异外,其他 8 种矿质元素在不同种植模式下的变异系数最小为 16.4%,高的则达到 6.9%,说明不同的茶果间作模式对茶叶中的矿质元素含量影响较大。

铁(Fe)含量对茶叶品质有重要的影响,不同间作方式间有差异,除茶-杨梅间作茶园与纯茶园无显著差异外,其他 4 种茶果间作茶园茶叶中 Fe 含量均显著高于纯茶园(表 2)。

铜(Cu)是茶叶中多酚氧化酶的辅基,在多酚氧化酶的催化下,儿茶酚和单宁被氧化并聚合成红褐色色素,从而制成红茶。6 种茶果种植模式之间 Cu 含量存在显著差异,其中纯茶园的茶叶中 Cu 含量明显低于其他 5 种间作茶园,尤以枇杷、银杏、柑橘 3 种间作模式较高。

锰是人类必须的微量元素,在茶叶中的含量与种植方式密切相关。茶-杨梅间作茶园茶叶中 Mn 含量显著低于其他 5 种茶园,且其他 5 种类型茶园间无显著差异(表 2)。

锌(Zn)能促进氨基酸和茶多酚的形成,与茶叶品质的关系密切。不同茶果间作下茶叶中 Zn 含量存在显著差异。茶-枇杷、茶-柑橘间作茶叶中 Zn 含量显著提高,茶-杨梅间作含量最低。

镁(Mg)是人体糖代谢中必需的元素,并与许多酶类的作用有联系。结果显示 Mg 含量在茶叶中含量较高,但在不同茶果间作模式下存在显著差异,其中茶-板栗茶园镁含量最高,茶-杨梅茶园含量最低。

人体对钾(K)、钠(Na)、钙(Ca)的需要量较大,从茶叶中含量水平来讲,K 元素含量最高,Ca 含量次之,Na 含量较低。但不同茶果间作下上述 3 种元素含量会产生显著差异,如 K

元素在纯茶园含量最低,而 5 种茶果间作均显著提高其含量水平,尤以茶-枇杷含量最高;Na 元素以纯茶园和茶-枇杷园最低,其他 4 种茶园较高;Ca 元素含量以茶-杨梅间作方式明显低于其他 5 种种植模式。

铝(Al)元素在茶叶中的含量较高,但不同间作模式之间无显著差异。

2.2 不同茶果间作对茶鲜叶中生物碱和没食子酸含量的影响

茶鲜叶中咖啡碱含量在 3 种生物碱中最高,可可碱含量最低,但不同茶果间作模式下上述有效成分间有差异。对于可可碱而言,茶-枇杷模式的茶鲜叶含量明显低于其他茶果间作模式,在所有 6 种模式中纯茶园茶鲜叶的可可碱含量最高。对于茶碱,纯茶园和茶-银杏间作模式茶碱含量明显低于其他 4 种模式,其中茶-杨梅和茶-板栗间作模式茶碱含量最高。对于咖啡碱,纯茶园茶鲜叶中含量最高,茶-枇杷、茶-板栗的含量最低。对于没食子酸含量,纯茶园茶鲜叶含量明显低于其他茶果间作模式,茶-杨梅和茶-柑橘 2 种模式最高,但与其他 3 种间作模式差异不显著(表 3)。

2.3 不同茶果间作对茶鲜叶中儿茶素类单体含量的影响

在 4 大类单体中表儿茶素没食子酸酯含量最高,其次为表没食子儿茶素,再次为表儿茶素,表没食子儿茶素没食子酸酯含量最低。但不同茶果间作模式间均存在差异。如 EGC 和 EC 含量,5 种茶果间作模式均明显高于纯茶园,其中尤以茶-柑橘和茶-板栗含量最高,两者最高分别比对照高 246.5%、96.6%;而 EGCG 含量则表现为纯茶园最高,其次为茶-杨梅和茶-板栗模式,以茶-枇杷模式最低,最高值比最低值高 657.4%;ECG 含量则以茶-杨梅种植模式下含量最

表 3 不同茶果间作模式对茶鲜叶中生物碱和没食子酸成分的影响

| 茶果间作模式 | 可可碱 ($\mu\text{g/g}$) | 茶碱 ($\mu\text{g/g}$) | 咖啡碱 ($\mu\text{g/g}$) | 没食子酸 ($\mu\text{g/g}$) |
|---------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| CK | 158.3a | 147.3b | 4 662.5a | 345.6b |
| A | 131.3a | 369.0a | 4 120.1ab | 529.5a |
| B | 89.1b | 278.6ab | 2 826.0c | 363.6ab |
| C | 141.9a | 201.2b | 3 551.3bc | 490.8ab |
| D | 125.0ab | 360.4a | 3 816.4ab | 540.4a |
| E | 140.9a | 366.8a | 2 736.9c | 478.4ab |
| 平均值 | 131.1 | 287.3 | 3 618.9 | 458.1 |
| 变异系数(%) | 28.6 | 26.9 | 194.8 | 26.0 |

注:同列数据后标有不同小写字母标志差异显著($P < 0.05$)。

高,显著高于其他 5 种模式,其中以茶-银杏模式最低,最高值比最低值高 1 071.3%(表 4)。这些差异可能是由于不同土壤养分、不同茶叶品种、不同光照等因素引起,因此需要对不同茶果间作模式下茶鲜叶的品质差异进行深入研究。

表 4 不同茶果间作模式对茶鲜叶中儿茶素单体成分的影响

| 茶果间作模式 | 表没食子儿茶素 ($\mu\text{g/g}$) | 表儿茶素 ($\mu\text{g/g}$) | 表没食子儿茶素没食子酸酯 ($\mu\text{g/g}$) | 表儿茶素没食子酸酯 ($\mu\text{g/g}$) |
|--------|--------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| CK | 136.6c | 114.9b | 40.9a | 1 421.5b |
| A | 355.8b | 179.0ab | 27.0ab | 2 628.4a |
| B | 333.6b | 117.2b | 5.4b | 1 526.2b |
| C | 346.3b | 166.5ab | 18.9ab | 224.4b |
| D | 473.3a | 225.9a | 9.3b | 1 405.8b |
| E | 468.7a | 184.1ab | 24.0ab | 1 309.4b |
| 平均值 | 352.4 | 164.6 | 20.9 | 1 419.3b |
| 变异系数 | 28.4% | 13.2% | 4.1% | 204.9% |

3 讨论与结论

茶树为 C3 叶用经济植物,具有对空气湿度要求高、喜漫射光的生态习性,茶果间作正是利用茶树耐阴喜湿、植株为灌木或小乔木、根系较浅等特点,合理选择不同高度树冠和根系深浅的果树,组成二层林冠及地被层的茶园生态系统。由于果树的遮阴,土壤中的理化性状得到改善,有效氮、磷、钾等养分含量明显增加,促进 Ca、S、Cu、Te、Mg 等元素的吸收,有利于提高茶叶品质^[8-10]。本研究表明,苏州东山洞庭碧螺春茶园中,除了 Mn、Ca 2 个矿质元素含量差异不大(茶-杨梅间作除外),茶叶中 Fe、Cu、Mg、Zn、K、Na 等含量明显高于对照纯茶园。说明在该地区合理选择茶果间作模式能够有效提高茶树对矿质营养元素的吸收与累积。这一方面可能得益于茶树本身的修剪茎叶回园,另一方面也与果树的落果、落叶有关,二者增加了土壤有机质及氮、磷、钾等含量,促进土壤微生物活动和团粒结构的形成,利于土壤养分的分解与吸收;茶果间作下根系分泌有机酸的能力减弱,组织了土壤的进一步酸化^[8]。但不同间作模式间有差异,如茶-杨梅间作茶叶中 Fe、Mn、Zn 等矿质元素反而降低,这可能与其根系分泌的有机酸等化学信号物质有关,其机理有待于进一步研究。

光照、水分等生态气候和土壤环境不同,茶叶的产量与品质均会发生较大差异。茶果间作下茶园的遮光率显著增加,遮阴有利于茶树体内的氨基酸和蛋白质的合成,提高茶叶中咖啡碱含量^[11]。可可碱是咖啡碱的合成前体,是决定茶叶滋

味的重要物质,咖啡碱含量可以较好地反映茶树品种鲜叶形成茶黄素以及红茶品质的潜力^[12]。本研究分析了茶果间作对几种生物碱含量的变化,研究表明茶果间作后茶叶中的可可碱、咖啡碱都出现了不同程度地降低,与对照相比多数差异不显著(除茶-枇杷间作可可碱和咖啡碱含量,茶-银杏、茶-板栗间作下咖啡碱含量差异显著),这与肖润林等研究结论^[11]不一致;而茶碱的含量则表现为茶果间作均比对照高,除了茶-枇杷、茶-银杏与对照无显著差异外,其他均显著高于对照。说明茶果间作影响茶鲜叶中的生物碱含量,如咖啡碱在不同茶果间作之间变异系数高达 194.8%,不同茶果间作之间存在丰富的变异。这种变异来源可能与茶果间作有关,如茶果间作改善了土壤的理化性状和养分状况,也可能与该地区茶树种质资源较为丰富有关,有待于进一步深入研究。

没食子酸具有抗菌、抗炎、抗肿瘤、抗突变等多种生物学作用^[12],早期研究表明绿茶中的没食子酸含量与其品质等级呈显著的正相关^[13-14]。本研究表明,与对照纯茶园比较,5 种茶果间作种植均有效地提高了茶鲜叶中的没食子酸含量,茶-杨梅、茶-柑橘间作茶园与对照差异达到了显著水平。说明茶果间作可以有效提高茶叶中的没食子酸含量。

儿茶素是茶叶中的主要化学成分之一,是茶多酚的主要组成部分,其含量约占多酚类总量的 70%~80%,是茶树次生物质代谢的重要成分,也是茶叶保健功能的首要成分,对茶叶色、香、味品质的形成有重要作用^[15-16],可分为脂型儿茶素(EGCG、ECG、GCG、CG 等)、非脂型儿茶素(EC、EGC、C、GC 等)。不同类型树种、栽培环境和加工工艺都会影响茶叶中儿茶素成分^[16-18]。本研究表明,苏州东山洞庭碧螺春儿茶素成分中,ECG 含量最高,其次为 EGC、EC,EGCG 含量最低。不同的茶果间作影响茶叶中儿茶素成分含量,其中 EGCG 含量在不同茶果间作间变异不大,变异系数只有 4.1%;而 ECG 的变异较大,变异系数高达 204.9%。说明茶叶中儿茶素成分类型差异不仅与茶树的品种基因型有关,而且与种植方式和环境生态关系密切。

综上所述,东洞庭山碧螺春茶叶中矿质营养元素、生物碱、儿茶素含量等组成差异,有其品种特性、地理因子、自然环境和种植模式等长期作用的结果,需要对此进行深入研究,以进一步探明不同品种、不同区域、不同环境、不同种植方式之间对茶叶品质综合影响特点,从而更有针对性地指导洞庭各茶区进行茶树品种的筛选和种植方式的选择。

参考文献:

- [1] 陈昌辉,王媛,唐茜,等. 梨茶间作茶园生态效应及效益分析[J]. 西南农业学报,2011,24(4):1446-1449.
- [2] 魏国雄. 茶果人工生态群落综合效应[J]. 贵州茶叶,1994(1):18-21.
- [3] 明平生. 茶林间作对茶园生态的影响[J]. 茶叶通讯,2003(4):26-29.
- [4] 吴满霞. 茶园间作增进生物多样性和提升茶叶品质的研究[D]. 北京:中国农业科学院,2010.
- [5] 季小明,王梦馨,江丽容,等. 太湖洞庭山十种茶果间作茶园节肢动物群落组成的异同性[J]. 应用昆虫学报,2011,48(5):1471-1478.

朱金兰,王 菁,潘迎辉,等. 气相色谱-串联质谱法测定水产品中己烯雌酚的含量[J]. 江苏农业科学,2015,43(12):328-330.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.12.104

气相色谱-串联质谱法测定水产品中己烯雌酚的含量

朱金兰¹,王 菁¹,潘迎辉¹,冯亚明²

(1. 江苏省泰州市农林畜水产品检测中心,江苏泰州 225300; 2. 江苏省农业科学院泰州农科所,江苏泰州 225300)

摘要:采用气相色谱-串联质谱法测定水产品中己烯雌酚的含量。改进了水产品中己烯雌酚的前处理,样品用乙腈、正己烷和乙酸乙酯提取,无需通过固相小柱萃取,直接经 BSTFA-TMCS 吡啶溶液 50℃ 衍生;经过 DB-5MS (30 m×0.25 mm,0.25 μm)毛细色谱柱分离,再经过双重四级杆质谱仪选择离子扫描(m/z :383、397、412、413),用气质联用仪检测其衍生物从而间接检测己烯雌酚。以 trans-DES 衍生物做定量物质,在 0.01~0.15 μg/kg 浓度范围获得良好线性($r^2=0.999\ 8$);3 个添加浓度(0.5、1.5、2.5 μg/kg)下的平均回收率为 73.4%~95.4%,标准偏差为 2.5%~6.0%。

关键词:气相色谱-串联质谱法;水产品;己烯雌酚;测定方法

中图分类号: O657.63 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)12-0328-03

渔药残留引起的水产品污染不仅与公众的健康密切相关,而且直接影响产业界的经济利益和各种贸易,已成为公认的农业问题和环境问题。己烯雌酚属激素类药物,在水产养殖上的主要作用是添加在饲料中促进鱼类等生长,然而己烯雌酚作为一种人工合成的具有雌激素作用的化学物质,对人类的危害逐渐被人们发现,许多科学试验证实了己烯雌酚是一种致癌物质,对人和动物的健康危害较大,1979 年包括我国在内的世界各国开始严格控制己烯雌酚作为治疗药物使用,并禁止使用己烯雌酚作为饲料添加剂^[1]。但是,因为价格低廉,在利益的驱动下,一些不法商贩在渔业生产过程中仍然使用己烯雌酚,以致严重威胁食品安全,危害人类的健康。目前,己烯雌酚检测方法有酶联免疫法、气相色谱-质谱法。这些方法在某种程度上有存在着假阳性的可能。气相色谱-串联质谱法(GC-MS/MS)^[2]测定己烯雌酚在抗干扰能力、

准确度、精密度等方面具有优势,尤其在低浓度水平的定性和定量方面优势更明显。本试验采用气相色谱-串联质谱法测定水产品中的己烯雌酚含量,前处理稍作改进,并且无需固相萃取小柱净化,方法简便,结果令人满意。

1 材料与方法

1.1 仪器

ThermoFisher TSQ 8000 EVO 型三重四级杆串联气相色谱-质谱仪, EI 离子源,正负 CI 源及放空易更换维护离子源的真空锁定装置,带有 Xcalibur 质谱软件。

TLL 型组织匀浆机;Vortex QL-901 型涡旋振荡器;KQ-700E 型超声波清洗器;R-205/V 旋转蒸发仪;氮吹仪。

1.2 试剂

乙腈、乙酸乙酯、甲醇、正己烷都为色谱纯;100 g/L 碳酸钠(分析纯)溶液:称取 10 g 无水碳酸钠溶于 100 mL 水中制得。

己烯雌酚储备液:准确称取己烯雌酚标准品 0.010 g(纯度≥99%),用甲醇溶解,定容于 100 mL 容量瓶中,即浓度为 100 μg/mL 的标准储备液,置于-18℃冰箱中保存,有效期

收稿日期:2015-09-12

基金项目:江苏省水产三新工程项目(编号:Y2015-15)。

作者简介:朱金兰(1972—),女,江苏海安人,高级农艺师,主要从事农畜水产品质量检测。E-mail:903416119@qq.com。

[6] 刘小文,高晓余,何月秋,等. 几种微量元素对茶树生理及茶叶品质的影响[J]. 广东农业科学,2010(6):162-165.

[7] 王宝森,刘 杰,郭俊明,等. 茶叶中七种金属元素的测定及成分分析[J]. 食品研究与开发,2008,29(4):136-138.

[8] 朱海燕,刘忠德,王长荣,等. 茶树间作系统中茶树根际微环境的研究[J]. 西南师范大学学报:自然科学版,2005(4):715-718.

[9] 段建真,郭素英. 遮荫与覆盖对茶园生态环境的影响[J]. 安徽农学院学报,1992,19(3):189-195.

[10] 刘建军,袁 丁,刘 佳,等. 间作对茶园生态及茶叶品质、产量影响研究进展[J]. 中国茶叶,2011,33(4):16-18.

[11] 肖润林,王久荣,单武雄,等. 不同遮阴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,2007,15(6):6-11.

[12] 李家贤,黄华林,何玉媚,等. 高茶多酚茶树品种的生化成分与品质性状研究[J]. 广东农业科学,2009(10):16-18,25.

[13] 李肖玲,崔 岚,祝德秋. 没食子酸生物学作用的研究进展[J]. 中国药师,2004,7(10):767-769.

[14] 郭炳莹,阮宇成,程启坤. 没食子酸与绿茶品质的关系[J]. 茶叶科学,1990,10(1):41-43.

[15] 宛晓春. 茶叶生物化学[M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,2007:8-15.

[16] Zhang X B. Difference of polyphenols content in Anxi tieguanyin tea among different seasons and relationship between polyphenols and tea quality[J]. Agriculture Science & Technology, 2014, 15(7): 1191-1195.

[17] 唐晓波,刘晓军,王小萍. 高 EGCG 茶树品种的筛选及开发[J]. 浙江农业科学,2010(1):60-61.

[18] 吴 警,刘春莹,郭久宁,等. 绿茶和发酵茶的茶多酚组成比较[J]. 安徽农业科学,2011,39(9):5343-5345,5419.