

## 云南古树普洱茶特征滋味成分分析

罗正飞<sup>1</sup>, 曾敏<sup>2</sup>, 周李红<sup>3</sup>, 龚正礼<sup>1,2\*</sup>

(1. 滇西科技师范学院, 云南临沧 677000; 2. 西南大学, 重庆 400715; 3. 临沧市第一中学, 云南临沧 677600)

**摘要** 为了更好地了解古树普洱茶特征滋味的化学基础, 利用紫外分光光度法和高效液相色谱法(HPLC)测定其主要滋味组分含量。结果表明, 13个古树普洱茶中水浸出物、茶多酚、儿茶素、氨基酸、咖啡碱、黄酮类和水溶性总糖的平均含量分别为51.53%、24.75%、14.96%、3.85%、4.27%、1.58%和3.81%。古树普洱茶中的水浸出物、茶多酚、简单儿茶素、氨基酸、水溶性总糖含量和鲜爽度量化比值均显著高于台地普洱茶, 而酯型儿茶素、儿茶素总量和黄酮类含量均显著低于台地普洱茶。即相对于台地普洱茶而言, 古树普洱茶的内含物质较丰富, 且苦涩味较弱、鲜爽度较高、回甘较好。

**关键词** 古树; 普洱茶; 滋味成分; 含量

**中图分类号** TS272 **文献标识码** A

**文章编号** 0517-6611(2021)11-0164-04

**doi**: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.11.045



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Analysis of the Characteristic Flavor Components of Yunnan Pu'er Raw Tea Made from Ancient Trees

LUO Zheng-fei<sup>1</sup>, ZENG Min<sup>2</sup>, ZHOU Li-hong<sup>3</sup> et al (1. West Yunnan University, Lincang, Yunnan 677000; 2. Southwest University, Chongqing 400715; 3. Lincang No. 1 Middle School, Lincang, Yunnan 677600)

**Abstract** In order to better understand the chemical basis of the characteristic taste of ancient tree Pu'er tea, UV spectrophotometry and high performance liquid chromatography (HPLC) were used to determine the content of its main taste components. The results showed that the average contents of water extracts, tea polyphenols, catechins, amino acid, caffeine, flavonoids and water-soluble sugar were 51.53%, 24.75%, 14.96%, 3.85%, 4.27%, 1.58%, 3.81%, respectively. The content of water extracts, tea polyphenols, simple catechins, amino acid, water-soluble sugar and umami degree in tea samples made from ancient trees were significantly higher than those made from ground trees. The content of catechins, complicated catechins, flavonoids and the degree of astringency and bitter in tea samples made from ancient trees were significantly lower than those made from ground trees. These results indicated that in comparison with Pu'er raw tea made from ground trees, that made from ancient trees had richer components, less bitter and astringency taste, higher degree of umami and better sweet aftertaste.

**Key words** Ancient tea trees; Pu'er raw tea; Taste components; Content

普洱茶是指以地理保护范围内的云南大叶种晒青茶为原料, 并在地理标志保护范围内采用特定的加工工艺制成, 具有独特品质特征的茶叶<sup>[1]</sup>。按普洱茶加工工艺及品质特征可分为生茶和熟茶, 按其不同制茶原料又可分为古树茶和台地茶。《云南省古茶树保护条例》中指出, 古茶树是指分布于天然林中的野生古茶树及其群落, 半驯化的人工栽培野生茶树和人工栽培百年以上的古茶园(林)<sup>[1-2]</sup>。台地茶是指新中国建立以后发展起来的密植茶园, 并伴有施肥、喷农药、修剪树型等田间管理措施, 其鲜叶加工所制成的茶<sup>[1,3-4]</sup>。

现有少量的研究和市场信息表明, 古茶园茶鲜叶的物质基础较优, 所制成的茶品质滋味协调, 整体感官评价评分较高<sup>[4-5]</sup>, 市场价格较高。然而, 目前对古树普洱茶的研究较少, 且主要停留在感官审评方面, 鲜有品质滋味成分研究, 使得市场上对古树普洱茶的评价缺乏可靠科学支撑。茶叶滋味是茶汤中水溶性物质对人体感官味觉的综合作用效果, 茶汤滋味包括苦、涩、鲜、甜、酸五大基本味, 各呈味特点均以相应的一种或几种化学物质为基础。因此, 该研究利用紫外分光光度法和高效液相色谱法分析古树普洱茶内含品质滋味成分含量, 并与台地普洱茶相比较, 进而剖析其滋味特点, 以期为古树茶的合理开发和市场健康发展提供科学参

考依据。

## 1 材料与方法

**1.1 试验材料** 该研究的16个普洱茶样品来自云南省临沧市和西双版纳傣族自治州, 其中古树普洱茶13个、台地普洱茶3个, 具体信息见表1。所有样品均采用鲜叶嫩度为一芽二叶的春茶原料, 相同加工工艺制作而成。

表1 16个普洱茶样品的详细信息

Table 1 Details of 16 raw Pu'er tea samples

类别 Category	编号 No.	产地 Origin
古树普洱茶 Pu'er raw tea made from ancient trees	G1	临沧市凤庆县
	G2	临沧市凤庆县
	G3	西双版纳傣族自治州布朗山
	G4	西双版纳傣族自治州勐海县
	G5	临沧市凤庆县
	G6	临沧市凤庆县
	G7	临沧市凤庆县
	G8	临沧市凤庆县
	G9	西双版纳傣族自治州老班章
	G10	临沧市凤庆县
	G11	临沧市凤庆县
	G12	西双版纳傣族自治州勐宋乡
	G13	西双版纳傣族自治州老曼峨
台地普洱茶 Pu'er raw tea made from ground trees	T1	临沧市凤庆县
	T2	临沧市凤庆县
	T3	临沧市凤庆县

**基金项目** 云南省科技人才和平台计划建设项目“云南省红茶工程技术研究中心”(2018DH011)。

**作者简介** 罗正飞(1982—), 男, 云南永德人, 讲师, 硕士, 从事茶叶深加工及天然药物研究与开发工作。\*通信作者, 教授, 博士, 硕士生导师, 从事茶叶加工研究。

**收稿日期** 2020-09-29; **修回日期** 2020-11-02

**1.2 试验方法** 水浸出物含量测定参照 GB/T 8305—2013<sup>[6]</sup>;茶多酚含量测定采用福林酚比色法<sup>[7]</sup>;氨基酸总量测定采用茚三酮比色法<sup>[8]</sup>;黄酮类化合物总量测定采用 AlCl<sub>3</sub> 比色法<sup>[9]</sup>;水溶性总糖含量测定采用蒽酮-硫酸比色法<sup>[10]</sup>。儿茶素组分和咖啡碱含量采用高效液相色谱法,具体方法参照曾敏<sup>[1]</sup>的方法。

**1.3 数据分析** 数据采用 SPSS 20.0 软件和 Excel 2016 软

件进行统计分析。

## 2 结果与分析

**2.1 水浸出物** 水浸出物含量的高低反映了茶叶中水溶性物质的多少,是茶汤厚薄浓淡的重要评价指标,与茶叶滋味品质呈显著正相关<sup>[1,11]</sup>。由表 2 可知,13 个古树普洱生茶样品中水浸出物含量在 48.36%~53.08%,平均值为 51.53%,显著高于台地普洱生茶,说明其内含物质较为丰富。

表 2 各茶叶样品中部分主要滋味成分含量  
Table 2 The content of some main flavor components in tea samples

编号 No.	水浸出物 Water extract	茶多酚 Tea polyphenol	咖啡碱 Caffeine	氨基酸 Amino acid	黄酮类 Flavonoid	水溶性总糖 Water soluble sugar
G1	52.47	26.34	4.77	4.04	1.39	3.45
G2	51.19	25.16	4.70	3.97	1.61	3.30
G3	51.69	26.06	4.88	2.97	1.65	3.80
G4	52.39	26.26	4.60	3.44	1.86	4.26
G5	52.80	25.60	4.62	4.66	1.63	3.93
G6	50.59	21.04	4.37	3.89	1.48	4.12
G7	51.31	23.81	4.38	4.70	1.79	3.93
G8	50.06	22.23	4.35	4.16	1.75	4.05
G9	51.57	24.33	4.72	4.13	1.35	3.49
G10	48.36	20.45	3.49	3.58	1.62	4.31
G11	53.08	26.12	1.71	3.41	1.32	3.32
G12	52.92	27.05	4.85	2.73	1.70	3.86
G13	51.43	27.26	4.02	4.34	1.45	3.71
T1	49.78	24.42	4.34	3.47	1.72	3.87
T2	48.26	22.96	4.32	3.68	1.73	3.63
T3	47.87	22.22	4.07	3.53	2.06	3.50
G1-G13 平均值 G1-G13 mean	51.53 a	24.75 a	4.27 a	3.85 a	1.58 b	3.81 a
T1-T3 平均值 T1-T3 mean	48.64 b	23.20 b	4.24 a	3.56 b	1.83 a	3.67 b

注:同列数值后不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different small letters in the same column indicate significant difference ( $P<0.05$ )

**2.2 茶多酚** 茶多酚是茶叶滋味形成的主要物质,直接影响茶汤的浓度、收敛性和爽口味,还与茶汤的回甘滋味强度具有显著正相关<sup>[12]</sup>。一般认为茶多酚含量在 20% 以下时,与滋味品质呈显著正相关;在 20%~24% 时,可以维持茶汤浓度、醇度和鲜爽度的和谐统一,当茶多酚含量进一步增加时,与滋味品质呈负相关<sup>[13]</sup>。由表 2 可知,13 个古树普洱生茶样品中茶多酚含量为 20.45%~27.26%,其中 13 个古树普洱生茶样品中有 9 份样品茶多酚含量大于 24.00%,而台地普洱生茶茶多酚平均含量为 23.20%,说明绝大多数古树普洱生茶茶汤的滋味品质在浓度方面优于台地普洱生茶,且回甘较好。另外,在该研究中虽然绝大多数古树普洱生茶茶多酚含量超过 24.00%,但茶叶滋味品质是由茶多酚、氨基酸和咖啡碱等特征性成分综合配比和谐的结果,不能单一依据茶多酚含量来评定茶汤的滋味品质。

**2.3 咖啡碱** 咖啡碱是茶叶中含量最高的生物碱,一般占干物质质量的 2%~5%,其含量与茶汤苦味呈极显著正相关<sup>[14]</sup>。由表 2 可知,13 个古树普洱生茶样品中咖啡碱含量为 1.71%~4.88%,平均含量为 4.27%,与台地普洱生茶(4.24%)无显著性差异;13 个古树普洱生茶样品仅 3 份样品咖啡碱含量低于台地普洱生茶的平均咖啡碱含量,说明绝大多数古树普洱生茶的咖啡碱含量高于台地普洱生茶。研究表明,咖啡碱是茶叶中主要苦味物质,且它能够与茶汤中茶

多酚、儿茶素缔合形成复合物,对茶汤滋味鲜醇度的形成有重要贡献<sup>[1,15]</sup>。因此,与台地普洱生茶相比绝大多数古树普洱生茶的茶汤苦味稍重,但在茶汤的鲜醇度方面优于台地普洱生茶。

**2.4 氨基酸** 氨基酸是茶叶鲜爽味的主体成分,其含量与茶汤鲜味呈显著正相关<sup>[16-18]</sup>。其次,氨基酸能够有效缓解茶叶苦涩味,且与茶叶甜味存在一定的相关性<sup>[16-17]</sup>。由表 2 可知,13 个古树普洱生茶样品中氨基酸含量在 2.73%~4.70%,平均含量为 3.85%,显著高于台地普洱生茶(3.56%)。因此,古树普洱生茶的鲜爽味明显高于台地普洱生茶且苦涩味相对较低。另外,古树普洱生茶的甜度可能要高于台地普洱生茶。

**2.5 黄酮类** 茶叶中含有丰富的黄酮类物质,该类物质呈现柔和的涩味感觉,黄酮类物质通常的味感是“苦而不甘”且阈值较低,对茶汤的苦味有明显的增强作用,一般对茶汤滋味的负面影响较大<sup>[12,19]</sup>。由表 2 可知,13 个古树普洱生茶样品中黄酮类含量在 1.32%~1.86%,平均含量为 1.58%,显著低于台地普洱生茶(1.83%),在滋味品质方面表现为苦味较轻。

**2.6 水溶性总糖** 甜味在茶叶滋味中所占比例较小,但能够对绿茶总体滋味进行补充和调节,是茶叶滋味品质形成的重要因素<sup>[17]</sup>。茶叶中水溶性糖是缓解茶汤苦涩味的重要物质,不仅与茶汤甜味呈显著正相关<sup>[14]</sup>,还与茶汤回甘滋味呈

显著正相关<sup>[20]</sup>。由表2可知,13个古树普洱生茶样品中水溶性总糖含量为3.30%~4.31%,平均含量为3.81%,显著高于台地普洱生茶(3.67%)。因此,与台地普洱生茶相比,古树普洱生茶则表现出口更为甜醇、回甘较好的滋味品质。

**2.7 儿茶素组分** 儿茶素是茶多酚的主体物质,占茶多酚总量的70%~80%,是茶叶滋味影响最重要的一类物质<sup>[15]</sup>。由表3可知,13个古树普洱生茶样品中表没食子酸儿茶素(EGC)、儿茶素(DL-C)、表儿茶素(EC)、表没食子儿茶素没食子酸酯(EGCG)、没食子儿茶素没食子酸酯(GCG)和表儿茶素没食子酸酯(ECC)含量分别在1.06%~1.75%、0.54%~0.96%、2.07%~2.63%、3.88%~6.36%、0.21%~0.70%和2.65%~5.87%,平均含量分别为1.46%、0.78%、2.26%、4.96%、0.45%和5.04%。对比两类茶可知,古树普洱生茶的GCG含量显著高于台地普洱生茶,但DL-C和EGCG含量显

著低于台地普洱生茶,其他3个儿茶素组分含量差异不显著。此外,13个古树普洱生茶样品中儿茶素总量在11.97%~16.79%,平均含量为14.96%,显著低于台地普洱生茶(15.58%)。

儿茶素主要表现为苦涩味,是茶汤苦涩味形成的重要物质基础,且滋味强度均随浓度的升高而增加<sup>[17]</sup>。然而,不同种类儿茶素对茶汤苦涩味的贡献存在明显的差异,如EC、DL-C和EGC等简单儿茶素滋味较醇和、回味爽口,而EGCG、ECC和GCG等酯型儿茶素是茶汤苦涩味的主体,且识别阈值比简单儿茶素低<sup>[17,21]</sup>。由该研究结果可知,古树普洱生茶酯型儿茶素的平均含量(10.45%)显著低于台地普洱生茶(11.28%),但简单儿茶素的平均含量(4.50%)显著高于台地茶(4.30%)。因此,与台地普洱生茶相比,古树普洱生茶的滋味应该更醇和爽口、收敛性弱、苦涩味轻等。

表3 各茶叶样品中儿茶素组分含量

Table 3 The content of catechin components in tea samples

编号 No.	EGC	DL-C	EC	EGCG	GCG	ECC	儿茶素总量 Total catechin
G1	1.35	0.92	2.43	6.21	0.36	4.92	16.18
G2	1.21	0.76	2.14	4.37	0.33	5.77	14.58
G3	1.43	0.91	2.30	4.92	0.65	5.77	15.97
G4	1.53	0.96	2.17	4.87	0.55	5.67	15.75
G5	1.60	0.83	2.29	4.27	0.35	5.37	14.70
G6	1.67	0.77	2.07	6.36	0.21	2.65	13.73
G7	1.62	0.87	2.19	4.88	0.64	5.12	15.32
G8	1.34	0.76	2.20	4.33	0.43	5.08	14.14
G9	1.75	0.66	2.38	3.88	0.39	5.37	14.44
G10	1.63	0.54	2.19	4.32	0.34	2.96	11.97
G11	1.40	0.57	2.13	4.90	0.40	5.87	15.27
G12	1.40	0.71	2.63	4.80	0.70	5.39	15.64
G13	1.06	0.95	2.32	6.36	0.56	5.54	16.79
T1	1.32	0.80	2.19	5.30	0.33	5.61	15.55
T2	1.38	0.87	2.17	5.78	0.37	5.22	15.78
T3	1.26	0.84	2.08	5.34	0.32	5.57	15.40
G1-G13 平均值 G1-G13 mean	1.46 a	0.78 b	2.26 a	4.96 b	0.45 a	5.04 a	14.96 b
T1-T3 平均值 T1-T3 mean	1.32 a	0.84 a	2.14 a	5.47 a	0.34 b	5.47 a	15.58 a

注:同列数值后不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different small letters in the same column indicate significant difference ( $P<0.05$ )

**2.8 滋味综合评价** 茶多酚和氨基酸与茶汤品质密切相关,但由于他们是两类味感截然不同的物质,独立作为评价指标有失偏颇,因此常用茶多酚与氨基酸的比值(酚氨比)作为反映茶叶品质特征的一个重要参数。研究表明,酚氨比的大小与茶汤苦涩味级别呈极显著正相关,与滋味得分呈极显著负相关<sup>[13]</sup>。由表4可知,13个古树普洱生茶样品中酚氨比在5.06~9.92,平均值为6.62,略高于台地普洱生茶(6.53),从这个角度来看,古树普洱生茶的苦涩味较重。但是,由于茶汤的苦涩味几乎全部由儿茶素引起<sup>[15]</sup>,而这两类茶中占茶多酚主要比例的儿茶素组成差异较大(表3)。因此,在该研究的两类样品中,酚氨比中的茶多酚总量并不能很好地代表茶汤所呈现的苦涩味级别。

有研究表明,儿茶素中的酯型儿茶素对茶叶苦涩味起决定性作用,其中最主要的为EGCG,它在茶叶中的含量较高且阈值最低;同时,黄酮类物质阈值低,且对茶汤苦味有明显的增强作用<sup>[13,20]</sup>。因此,基于茶叶中各化学组分的呈味特点,

该研究引入2个新的概念“苦涩度量化比值”和“鲜爽度量化比值”,前者为“(EGCG+黄酮)/水浸出物”,后者为“(氨基酸+水溶性总糖)/EGCG”。通过对各样品感官审评得分和上述2个比值的相关分析发现,苦涩度量化比值与茶汤苦涩味、鲜爽度量化比值与茶汤鲜爽度之间均呈显著正相关,相关系数分别达0.81和0.82。由表4可知,13个古树普洱生茶样品苦涩度量化比值在0.10~0.15,平均值为0.13,略低于台地普洱生茶(0.15);而鲜爽度量化比值在3.53~5.58,平均值为4.63,显著高于台地普洱生茶(4.23)。

### 3 结论与讨论

通过对古树普洱生茶的主要滋味组分含量分析发现,除G10样品之外,其他12个古树茶样品中水浸出物含量均超过50%,表明古树普洱生茶具有丰富的内含物质。普洱生茶滋味一般以苦涩味为主体,并辅以较强的鲜味和较弱的甜味<sup>[22]</sup>。在该研究的13个古树普洱生茶样品中,代表苦涩味的茶多酚、儿茶素、咖啡碱和黄酮类含量分别为20.45%~

27.26%、11.97%~16.79%、1.71%~4.88%和1.32%~1.86%,代表鲜味的氨基酸含量为2.73%~4.70%,而代表甜味的水溶性总糖含量为3.30%~4.31%。

表4 各茶叶样品中滋味品质评价

Table 4 The evaluation of taste quality of tea samples

编号 No.	酚氨比 Polyphenol/ amino acid	苦涩度 量化比值 Bitterness quantified ratio	鲜爽度 量化比值 Freshness quantified ratio
G1	6.52	0.14	4.60
G2	6.34	0.12	4.72
G3	8.76	0.13	3.75
G4	7.63	0.13	4.32
G5	5.50	0.11	5.58
G6	5.41	0.15	4.53
G7	5.06	0.13	5.51
G8	5.34	0.12	5.10
G9	5.88	0.10	5.03
G10	5.72	0.12	4.58
G11	7.67	0.12	4.08
G12	9.92	0.12	3.53
G13	6.28	0.15	4.92
T1	7.03	0.14	4.20
T2	6.25	0.16	4.31
T3	6.30	0.15	4.18
G1-G13 平均值 G1-G13 mean	6.62 a	0.13 a	4.63 a
T1-T3 平均值 T1-T3 mean	6.53 a	0.15 a	4.23 b

注:同列数值后不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different small letters in the same column indicate significant difference ( $P<0.05$ )

对比两类茶中主要滋味成分含量的均值发现,古树普洱生茶中的茶多酚、简单儿茶素、氨基酸和水溶性总糖含量均显著高于台地普洱生茶,而黄酮类和酯型儿茶素含量则显著低于台地茶。此外,古树普洱生茶的苦涩度量化比值、鲜爽度量化比值分别为0.10~0.15和3.53~5.58,两类茶之间的苦涩度量化比值差异不显著,但古树茶的鲜爽度量化比值显著高于台地普洱生茶。综合各茶样品中水浸出物和六大滋味组分含量来看,与台地茶相比,古树普洱生茶在滋味上表现为苦涩味较弱、鲜爽度较高,且回甘较好。

## 参考文献

[1] 曾敏. 古树普洱生茶特征风味的化学基础研究[D]. 重庆:西南大学,

2015.

- [2] 何露, 闵庆文, 袁正. 澜沧江中下游古茶树资源、价值及农业文化遗产特征[J]. 资源科学, 2011, 33(6): 1060-1065.
- [3] 沙丽清, 郭辉军. 云南古茶资源有效保护与合理利用[C]//王如松. 循环·整合·和谐——第二届全国复合生态与循环经济学术讨论会论文集. 北京: 中国科学技术出版社, 2005: 21.
- [4] 陈继伟, 梁名志, 王立波, 等. 古茶园与台地茶园鲜叶常量成分及成茶品质比较研究[J]. 中国农学通报, 2011, 27(4): 339-344.
- [5] 梁名志, 夏丽飞, 张俊, 等. 老树茶与台地茶品质比较研究[J]. 云南农业大学学报, 2006, 21(4): 493-497.
- [6] 中华全国供销合作总社杭州茶叶研究院, 国家茶叶质量监督检验中心. 茶水浸出物测定: GB/T 8305—2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [7] 中华全国供销合作总社杭州茶叶研究院. 茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法: GB/T 8313—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [8] 中华全国供销合作总社杭州茶叶研究院, 国家茶叶质量监督检验中心. 茶游离氨基酸总量的测定: GB/T 8314—2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [9] 黄意欢. 茶学实验技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- [10] 张惟杰. 糖复合物生化研究技术[M]. 2版. 杭州: 浙江大学出版社, 1999.
- [11] 顾谦, 陆锦时, 叶宝存. 茶叶化学[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2002.
- [12] 许勇泉, 刘翔, 刘平, 等. 茶汤回甘滋味及其电子舌应用分析研究[C]//中国科学技术协会学术部. 第十五届中国科协年会第20分会场: 科技创新与茶产业发展论坛论文集. 北京: 《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社, 2013.
- [13] 施兆鹏, 刘仲华. 夏茶苦涩味化学实质的数学模型探讨[J]. 茶叶科学, 1987, 7(2): 7-12.
- [14] 陈宗道, 周才琼, 童华荣. 茶叶化学工程学[M]. 重庆: 西南师范大学出版社, 1999.
- [15] 金孝芳. 绿茶滋味化合物研究[D]. 重庆: 西南大学, 2007.
- [16] NAKAGAWA M. Contribution of green tea constituents to the intensity of taste element of brew[J]. Nippon shokuhin kogyo gakkaiishi, 1975, 22(2): 59-64.
- [17] 马林龙, 刘艳丽, 曹丹, 等. 不同茶树品种(系)的绿茶滋味分析及评价模型构建[J]. 农业工程学报, 2020, 36(10): 277-286.
- [18] 廖鸿雁, 戴前颖, 齐灿, 等. 几种名优茶的滋味化学研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(11): 6510-6512, 6515.
- [19] SCHARBERT S, HOFMANN T. Molecular definition of black tea taste by means of quantitative studies, taste reconstitution, and omission experiments[J]. J Agric Food Chem, 2005, 53(13): 5377-5384.
- [20] SCHARBERT S, HOLZMANN N, HOFMANN T. Identification of the astringent taste compounds in black tea infusions by combining instrumental analysis and human bioresponse[J]. J Agri Food Chem, 2004, 52(11): 3498-3508.
- [21] 陈玫, 夏丽飞, 梁名志, 等. 勐海古树茶与生态茶品质化学研究[J]. 福建茶叶, 2012, 34(4): 12-15.
- [22] KANEKO S, KUMAZAWA K, MASUDA H, et al. Molecular and sensory studies on the umami taste of Japanese green tea[J]. J Agri Food Chem, 2006, 54(7): 2688-2694.

(上接第146页)

## 参考文献

- [1] 张骏, 赵伟明, 丁立忠, 等. 浙江省山核桃可持续经营存在的问题与对策[J]. 浙江农业科学, 2017, 58(7): 1140-1142, 1145.
- [2] 宋嘉伟. 山核桃根腐病病原菌鉴定及其系统发育分析[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2019.
- [3] 丁立忠, 潘伟华, 马闪闪, 等. 测土配方施肥对临安山核桃生长和产量的影响[J]. 经济林研究, 2018, 36(4): 33-39.
- [4] 帅陆虎. 临安区山核桃干腐病综合防治技术推广中农户采用行为分析[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2017.
- [5] 沈一凡, 钱进芳, 郑小平, 等. 山核桃中心产区林地土壤肥力的时空变化特征[J]. 林业科学, 2016, 52(7): 1-12.
- [6] 吴家森, 钱进芳, 董志鹏, 等. 山核桃林集约经营过程中土壤有机碳和微生物功能多样性的变化[J]. 应用生态学报, 2014, 25(9): 2486-2492.
- [7] 马闪闪. 土壤酸化与山核桃林退化的关系及其改良[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2016.

- [8] 李双, 曾宪成. 含腐植酸水溶肥料发展的思考[J]. 腐植酸, 2019(2): 5-12.
- [9] 黎雅楠. 腐植酸肥料在土壤中的应用探究[J]. 南方农业, 2019, 13(29): 184-185.
- [10] 杨爱霞. “含腐植酸水溶肥料”在番茄上的肥效试验研究[J]. 现代农业, 2020(8): 40-41.
- [11] 余小芬, 吴攀道, 雷铁玲, 等. 含腐植酸水溶肥料对杨梅果实产量和品质的影响[J]. 西南农业学报, 2019, 32(10): 2355-2359.
- [12] 王鹏举, 张兆冬, 王莉莉, 等. 智洋含腐植酸水溶肥料在水稻上的应用效果研究[J]. 安徽农学通报, 2020, 26(17): 85-86.
- [13] 张明来. 含腐植酸水溶肥料在小白菜上的应用效果研究[J]. 现代农业科技, 2019(20): 57, 59.
- [14] 余晓. 土壤微生物性质及植物营养生理状况与山核桃干腐病的关系及其调控措施[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2017.
- [15] 崔文娟, 牛育华, 赵冬冬, 等. 腐植酸肥料的研究现状及展望[J]. 磷肥与复肥, 2016, 31(9): 20-23.