

# 春、冬两季大叶种茶叶中游离氨基酸含量的分布特征

谢 佳<sup>1</sup>, 向思琦<sup>2</sup>, 雷淑婷<sup>2</sup>, 肖 涵<sup>2\*</sup>

(1. 昆明学院 农学与生命科学学院, 云南 昆明 650214; 2. 昆明学院 化学化工学院, 云南 昆明 650214)

**摘要:** 选取凤山镇、洛党镇和大寺乡的冬春两季茶叶为研究对象, 以鲜甜味、酸苦味和无味对茶叶中的游离氨基酸 (FAA) 进行分类, 并采用氨基酸分析仪对茶叶各 FAA 组分的含量进行测定. 结果表明: 春茶中 FAA 的赋存种类和含量远高于冬茶, 在各茶园的春茶中分别检出 27、25 和 27 种 FAA, 冬茶中分别检出 21、23 和 23 种 FAA; 对于总游离氨基酸 (TFAA) 而言, 各茶园春茶的含量分别是冬茶的 4.54 倍、2.62 倍和 4.40 倍, 春茶中酸苦味氨基酸和鲜甜味氨基酸分别为冬茶 5 倍和 2 倍以上, 而无味氨基酸的含量则无明显差异, 表明季节主要影响茶叶中酸苦味和鲜甜味氨基酸的含量. 总体而言, 冬春茶叶中鲜甜味氨基酸占比最高, 均占 TFAA 的 56% 以上, 冬茶中鲜甜味氨基酸和无味氨基酸在 TFAA 中的占比均高于春茶, 而酸苦味氨基酸则与之相反.

**关键词:** 游离氨基酸; 大叶种茶; 茶氨酸; 生长季节

**中图分类号:** TS272.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674 - 5639 (2021) 03 - 0029 - 04

**DOI:** 10.14091/j.cnki.kmxxyb.2021.03.007

## Distribution Characteristics of Free Amino Acids in Large-leaved Tea in Winter and Spring

XIE Jia<sup>1</sup>, XIANG Siqi<sup>2</sup>, LEI Suting<sup>2</sup>, XIAO Han<sup>2\*</sup>

(1. College of Agronomy and Life Sciences, Kunming University, Kunming, Yunnan, China 650214;

2. College of Chemistry and Chemical Engineering, Kunming University, Kunming, Yunnan, China 650214)

**Abstract:** Collected from Fengshan Town, Luodang Town and Dasi Town in Fengqing County in spring and winter were classified according to fresh sweet, sour bitter and tasteless to determine the contents of FAA constituent by amino acid analyzer. The results showed that the types and concentrations of FAA in spring tea were much higher than those in winter tea. There were 27, 25 and 27 types of FAA were detected in spring tea from Fengshan town, Luodang town and Dasi town, respectively. However, there were 21, 23 and 23 types of FAA were detected in winter tea, respectively. Based on Total free amino acids (TFAA), the concentrations in spring tea were 4.54, 2.62 and 4.40 times respectively as much as that in winter tea. The concentrations of sour bitter and fresh sweet amino acids in spring tea were 5 and 2 times respectively in winter tea. However, the concentrations of tasteless amino acids had no significant difference between spring and winter. It's indicated that the season is main reason for the concentrations of sour, bitter, fresh and sweet amino acids in tea. Overall, the proportion of fresh sweet amino acids in winter and spring tea was the highest, accounted for more than 56% of TFAA. The proportion of fresh sweet and tasteless amino acids in winter tea was higher than that in spring tea, while the proportion of sour bitter amino acids was the opposite.

**Key words:** free amino acids; large-leaved tea; theanine; growing season

凤庆大叶种茶是极具云南高原特色的农产品, 其以发芽期长、育苗力强、产量高、银豪多、品味佳、汤色好、经济效益高著称<sup>[1]</sup>. 作为云南高原特色的农产品之一, 其质量一直受到消费者的广泛

关注. 研究<sup>[2-3]</sup>表明, 茶叶中的生化成分严重影响着茶叶的品质, 尤以游离氨基酸 (Free amino acids, FAA) 为甚, 而 FAA 的种类和数量在一定程度上决定着茶叶的品质<sup>[2,4]</sup>.

收稿日期: 2021 - 05 - 10

基金项目: 云南省高校食品安全检测技术重点实验室建设项目.

作者简介: 谢佳 (1996—), 女, 四川成都人, 在读硕士研究生, 主要从事资源利用与植物保护研究.

\* 通讯作者: 肖涵 (1981—), 女, 云南大理人, 副教授, 博士, 主要从事环境和食品分析研究, E-mail: black-crossing630@vip.sina.com.

产地、品种、制作工艺和存储条件等因素均会导致茶叶中 FAA 的种类及含量的差异<sup>[5-8]</sup>。目前,已有关于春、夏和秋季茶叶中 FAA 分布及含量差异的研究<sup>[9]</sup>报道,但鲜见关于大叶种冬季茶叶中 FAA 的分布及含量的研究报道。实际上,云南气候条件特殊,在冬季仍具备一定的产茶条件。而凤庆大叶种茶作为云南省高原经济作物之一,研究其春、冬两季茶叶中 FAA 含量及分布特征,可为季节对大叶种茶品质的影响提供基础数据。基于此,本文选取云南省临沧市凤庆县 3 个代表性茶园(凤山镇、洛党镇、大寺乡)为研究对象,对冬、春季茶叶中 FAA 的组分及含量分布特征进行研究,以期对茶叶的合理采摘提供数据支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 样品的采集

分别于 2020 年 1 月(冬茶)和 2020 年 4 月(春茶)在云南省临沧市凤庆县的凤山镇、洛党镇、大寺乡采集茶叶样品,60℃烘箱杀青,存储于冰箱(4℃)备用。

### 1.2 游离氨基酸含量的测定

用玛瑙研磨将茶叶样品研磨至过 40 目(测定

前研磨),采用国标方法(GB/T 30987—2020)对茶叶中的 FAA 组分及含量进行测定(SYKAM S-433D)。若无特别说明,本研究所使用的试剂均为优级纯,水为超纯水。

## 2 结果与分析

根据 FAA 在茶汤中的呈味特征<sup>[3,10]</sup>,将 FAA 分为:鲜甜味氨基酸(茶氨酸(Thea)、苏氨酸(Thr)、丝氨酸(Ser)、甘氨酸(Gly)、丙氨酸(Ala)、天冬氨酸(Asp)、谷氨酰胺(Gln)、脯氨酸(Pro)、缬氨酸(Val));酸苦味氨基酸(组氨酸(His)、异亮氨酸(Ile)、亮氨酸(Leu)、精氨酸(Arg)、苯丙氨酸(Phe)、酪氨酸(Tyr)、天冬酰胺(Asn)、谷氨酸(Glu)、β-丙氨酸(β-Ala));无味氨基酸(胱氨酸(Cys)、色氨酸(Trp)、赖氨酸(Lys)、γ-氨基丁酸(Gaba)、磷酸丝氨酸(Phser)、磷酸乙醇胺(Pea)、α-氨基己二酸(AAAA)、α-氨基丁酸(Aaba)、β-氨基异丁酸(β-Aiba))。

### 2.1 春、冬茶叶中氨基酸含量的分布特征

对云南省临沧市凤庆县的凤山镇、洛党镇和大寺乡茶园中春、冬两季茶叶中 FAA 的种类及含量进行测定,并将测定结果汇总于表 1 之中。

表 1 春、冬两季茶叶中氨基酸的含量

mg/g

氨基酸	凤山镇		洛党镇		大寺乡	
	春	冬	春	冬	春	冬
Thea	18.329 ± 0.649	4.364 ± 0.047	19.599 ± 0.675	8.412 ± 0.101	17.555 ± 0.204	5.443 ± 0.134
Thr	0.487 ± 0.010	0.140 ± 0.006	0.518 ± 0.027	0.227 ± 0.012	0.614 ± 0.029	0.118 ± 0.004
Ser	1.827 ± 0.087	0.349 ± 0.007	0.880 ± 0.030	0.611 ± 0.024	2.067 ± 0.037	0.252 ± 0.017
Gly	0.040 ± 0.003	0.019 ± 0.001	0.033 ± 0.001	0.043 ± 0.002	0.056 ± 0.003	0.024 ± 0.001
Ala	0.577 ± 0.040	0.562 ± 0.014	0.510 ± 0.024	0.943 ± 0.027	0.599 ± 0.040	0.434 ± 0.015
Asp	0.595 ± 0.022	0.319 ± 0.011	1.108 ± 0.047	0.311 ± 0.013	0.784 ± 0.011	0.175 ± 0.005
Gln	0.436 ± 0.006	0.118 ± 0.004	1.065 ± 0.053	0.555 ± 0.014	1.131 ± 0.036	0.238 ± 0.010
Pro	0.541 ± 0.017	0.091 ± 0.002	0.891 ± 0.051	0.197 ± 0.009	0.862 ± 0.011	0.090 ± 0.004
Val	0.988 ± 0.055	0.166 ± 0.003	1.024 ± 0.007	0.221 ± 0.004	1.102 ± 0.036	0.144 ± 0.008
His	0.277 ± 0.009	-	0.256 ± 0.008	0.072 ± 0.002	0.399 ± 0.008	0.038 ± 0.002
Ile	0.546 ± 0.029	0.075 ± 0.003	0.605 ± 0.008	0.115 ± 0.004	0.655 ± 0.021	0.060 ± 0.003
Leu	0.374 ± 0.014	0.062 ± 0.003	0.534 ± 0.014	0.097 ± 0.003	0.533 ± 0.024	0.075 ± 0.002
Arg	1.846 ± 0.046	0.314 ± 0.009	0.559 ± 0.003	0.247 ± 0.009	1.283 ± 0.013	0.189 ± 0.009
Phe	2.827 ± 0.099	0.103 ± 0.004	4.440 ± 0.083	0.236 ± 0.005	3.344 ± 0.106	0.224 ± 0.008
Tyr	0.477 ± 0.022	0.099 ± 0.005	0.877 ± 0.010	0.118 ± 0.004	0.660 ± 0.014	0.150 ± 0.003
Asn	7.277 ± 0.274	0.129 ± 0.004	3.351 ± 0.004	0.292 ± 0.010	7.991 ± 0.185	0.045 ± 0.003
Glu	1.121 ± 0.027	1.285 ± 0.033	0.897 ± 0.008	0.940 ± 0.031	1.766 ± 0.093	1.543 ± 0.026
β-ala	0.110 ± 0.003	-	0.099 ± 0.004	0.033 ± 0.002	0.117 ± 0.002	0.027 ± 0.001
Cys	0.239 ± 0.013	0.028 ± 0.002	0.211 ± 0.013	-	0.259 ± 0.011	-
Trp	0.373 ± 0.020	-	0.424 ± 0.019	0.045 ± 0.002	0.357 ± 0.008	-
Lys	0.461 ± 0.030	0.176 ± 0.004	0.570 ± 0.037	0.169 ± 0.004	0.642 ± 0.020	0.099 ± 0.004
Gaba	0.313 ± 0.016	0.333 ± 0.007	0.547 ± 0.041	0.944 ± 0.025	0.561 ± 0.020	0.431 ± 0.009

续表 1						mg/g
氨基酸	凤山镇		洛党镇		大寺乡	
	春	冬	春	冬	春	冬
Phser	0.415 ± 0.027	0.158 ± 0.003	0.225 ± 0.007	0.120 ± 0.006	0.334 ± 0.005	0.110 ± 0.003
Pea	0.061 ± 0.004	0.088 ± 0.003	0.061 ± 0.003	0.063 ± 0.004	0.100 ± 0.006	0.071 ± 0.004
AAAA	0.191 ± 0.012	-	-	-	0.174 ± 0.006	-
Aaba	0.036 ± 0.002	-	-	-	0.037 ± 0.002	-
β-Aiba	0.012 ± 0.001	-	0.011 ± 0.001	-	0.041 ± 0.001	0.021 ± 0.001
TFAA	40.776 ± 1.537	8.978 ± 0.175	39.295 ± 1.178	15.011 ± 0.317	44.021 ± 0.950	10.001 ± 0.276

注:“-”表示未检出;TFAA 为总游离氨基酸(各游离氨基酸组分之和)。

FAA 分析结果表明,在所有茶园的春茶中 TFAA 含量差异不明显,含量在 39.295 ~ 44.021 mg/g 之间,冬茶中 TFAA 含量略有差异,最高的是洛党镇(15.011 mg/g),最低的是凤山镇(8.978 mg/g)。各茶园春茶中 TFAA 的含量均远高于冬茶,在凤山镇、洛党镇和大寺乡的春茶中 TFAA 的含量分别是冬茶的 4.54, 2.62, 4.40 倍,表明季节对茶叶中 TFAA 的含量影响显著。

值得注意的是,在凤山镇、洛党镇和大寺乡茶园中,春茶中分别检出 27、25 和 27 种 FAA,冬茶中分别检出 21、23 和 23 种 FAA,表明季节对茶叶中 FAA 的赋存种类也具有较大的影响。有研究<sup>[11]</sup>表明,茶园土壤的理化性质、土壤营养组分、矿质元素含量等因素均对茶叶中 FAA 的赋存种类有一

定的影响,但其影响机理尚不清楚。而关于季节对茶叶中 FAA 赋存种类的影响机制有待进一步深入研究。

2.2 春、冬两季滋味氨基酸含量分布特征

按照 FAA 在茶叶中呈现出来的味道,将其归类于鲜甜味氨基酸、酸苦味氨基酸和无味氨基酸,从而探究春、冬间茶叶中各滋味氨基酸的差异及各组分占比,其结果如表 2 和表 3 所示。

表 2 冬、春茶叶中滋味氨基酸的比值(春/冬)

滋味氨基酸	采样点及(春/冬)比值		
	凤山镇	洛党镇	大寺乡
鲜甜味	3.89	2.22	3.58
酸苦味	7.19	5.40	7.12
无味	2.68	1.53	3.43

表 3 春、冬茶叶中各滋味氨基酸的占比 %

滋味氨基酸	凤山镇		洛党镇		大寺乡	
	春季	冬季	春季	冬季	春季	冬季
鲜甜味	58.42	68.25	65.22	76.73	56.26	69.18
酸苦味	36.43	23.02	29.57	14.33	38.05	23.52
无味	5.15	8.73	5.21	8.93	5.69	7.30

各茶园茶叶中滋味氨基酸的春/冬比值计算结果表明,比值差异最大的是酸苦味氨基酸,在凤山镇、洛党镇和大寺乡这 3 个茶园中,春茶中酸苦味氨基酸含量分别是冬茶的 7.19, 5.40, 7.12 倍,说明季节对茶叶中 FAA 的影响主要与酸苦味氨基酸有关;其次是鲜甜味氨基酸,春茶约为冬茶的 2~4 倍;最低的是无味氨基酸。值得一提的是,在洛党镇茶园茶叶中,无味氨基酸的春/冬比值仅为 1.53。由此可见,季节主要影响茶叶中酸苦味和鲜甜味氨基酸的含量分布。为了进一步探究季节对茶叶中各滋味氨基酸的影响,本研究对不同季节茶叶中各滋味氨基酸在 TFAA 中的比例进行计算,结果汇总于表 3 之中。

计算结果表明,春、冬两季茶叶中鲜甜味氨基

酸占比最高,其所占 TFAA 的比例分别在 56.26% 和 68.25% 以上;占比最低的是无味氨基酸,其春、冬两季茶叶中无味氨基酸所占 TFAA 的比例分别在 5.15% 和 7.30% 以上。各茶园冬茶中鲜甜味氨基酸和无味氨基酸所占比例均高于春茶;而酸苦味氨基酸则相反,春茶高于冬茶。分析认为,这可能与春、冬茶叶中酸苦味氨基酸的比值高于鲜甜味氨基酸有关(表 2)。然而,这并不能表明冬茶呈现出来的滋味优于春茶。实际上,茶汤的口感受众多因素的影响,如儿茶素、茶多酚等均可使茶汤呈现出苦涩的味道<sup>[12]</sup>。

2.3 春、冬两季茶氨酸的含量分布特征

茶叶中各 FAA 组分分析结果表明,在春茶中,Thea 含量按照降序的排列顺序为:  $w$ (洛党镇) =

19.599 mg/g >  $w$ (凤山镇) = 18.329 mg/g >  $w$ (大寺乡) = 17.555 mg/g, 差异不大;但在冬茶中则呈现出:  $w$ (洛党镇) = 8.412 mg/g >  $w$ (大寺乡) = 5.443 mg/g >  $w$ (凤山镇) = 4.364 mg/g (表 1)。季节对茶叶中 Thea 含量影响显著,在凤山镇、洛党镇、大寺乡春茶中 Thea 分别是冬茶的 4.20, 2.33, 3.23 倍。

在茶叶的各 FAA 分组中,茶氨酸(Thea)的

含量最高<sup>[13]</sup>。大量研究表明,Thea 是茶叶中最独特、含量最高的氨基酸,对大脑神经具有保护作用<sup>[14]</sup>,其不仅能有效的缓解压力并改善焦虑症状<sup>[15]</sup>,而且也是茶叶鲜味(鲜甜味)的主要贡献者之一<sup>[15]</sup>。因此,有必要进一步探讨季节对茶叶中 Thea 含量分布的影响。各茶园春、冬两季茶叶中 Thea 占鲜甜味氨基酸及 TFAA 的比例计算结果如表 4 所示。

表 4 春、冬茶中 Thea 在鲜甜味氨基酸及 TFAA 的占比

%

氨基酸	凤山镇		洛党镇		大寺乡	
	春季	冬季	春季	冬季	春季	冬季
鲜甜味氨基酸	76.95	71.22	76.47	73.03	70.88	78.67
TFAA	44.95	48.61	49.88	56.04	39.87	54.42

计算结果表明,在各茶园春、冬茶叶中,Thea 在鲜甜味氨基酸中的占比均超过 70%,表明茶汤的鲜甜味道主要由茶氨酸呈现,这与其他研究<sup>[3]</sup>结论基本一致。但在本研究中,春茶中 Thea 的含量及其在 TFAA 中的比例低于文献[16—17]报道的,这可能与茶园的日照强度、日照时间等差异有关。研究<sup>[14]</sup>表明,日照强度与茶叶中 Thea 的含量呈负相关关系。而凤庆县地处高海拔地区,日照强度高、日照时间长,这有可能是导致茶叶中 Thea 含量及其在 TFAA 中的比例低于其他省份的主要原因之一。

### 3 结论

通过上述研究,可以得到如下结论:

1) 茶叶中 FAA 的赋存种类及含量受季节的影响较大,在凤山镇、洛党镇和大寺乡茶园春茶中分别检出 27、25 和 27 种 FAA,冬茶中分别检出 21、23 和 23 种 FAA。对于 TFAA 而言,春茶分别是冬茶的 4.54, 2.62, 4.40 倍;

2) 季节主要影响茶叶中酸苦味和鲜甜味氨基酸的含量,而对于无味氨基酸的影响则较小;

3) 春、冬两季茶叶中鲜甜味氨基酸占比最高,其所占 TFAA 的比例分别在 56.26% 和 68.25% 以上。冬茶鲜甜味氨基酸和无味道氨基酸所占比例高于春茶,而酸苦味氨基酸则相反,春茶高于冬茶。

### [参考文献]

[1] 虞昕磊. 云南大叶种茶树多酚氧化酶的分离纯化与性质研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2015.

[2] GAI Z, WANG Y, JIANG J, et al. The quality evaluation of tea (*Camellia sinensis*) varieties based on the metabolomics [J]. American Society for Horticultural Science, 2018, 54 (3): 409–415.

[3] CHEN Q, SHI J, MU B, et al. Metabolomics combined with proteomics provides a novel interpretation of the changes in nonvolatile compounds during white tea processing [J]. Food Chemistry, 2020, 332 (6): 283–290.

[4] ZHANG H, QI R, MINE Y. The impact of oolong and black tea polyphenols on human health [J]. Food Bioscience, 2019, 29 (1): 55–61.

[5] STILO F, TREDICI G, BICCHI C, et al. Climate and processing effects on tea (*Camellia sinensis* L. Kuntze) metabolome: accurate profiling and fingerprinting by comprehensive two-dimensional gas chromatography/time-of-flight mass spectrometry [J]. Molecules, 2020, 25 (1): 244–252.

[6] 王雪萍, 高士伟, 郑鹏程, 等. 不同产区绿茶氨基酸及矿物元素分析评价 [J]. 食品工业, 2020, 41 (2): 328–331.

[7] 赵璇, 李新生, 韩豪, 等. 汉中茶叶氨基酸含量测定及营养价值评价分析 [J]. 氨基酸和生物资源, 2016, 38 (1): 17–23.

[8] 崔峰. 绿茶在贮藏过程中品质变化规律及影响因素研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2008.

[9] 王叶. 不同生境茶叶产量与品质形成的光合生理生态机制 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2018.

[10] 张丹丹, 叶小辉, 赵峰, 等. 基于游离氨基酸组分的白茶滋味品质研究 [J]. 福建农业学报, 2016, 31 (5): 515–520.

(下转第 104 页)

生根率为 60.83%；不同遮光方式对金丝桃生根效果最好的是 2 针 1 层的遮阳网，其平均生根率为 62.20%，平均成活率为 92.23%。

植物扦插繁殖是一种较实用的繁殖方式，而插穗与扦插繁殖密切相关。此外，扦插效果还存在位置效应，同一枝条不同部位木质化程度不同会导致扦插成活率不同<sup>[13]</sup>。本试验从金丝桃嫩枝扦插着手，对比了不同基质种类、同种生根剂（IBA）不同质量浓度、不同遮光效果对金丝桃的扦插效果的影响。需要注意的是，在试验中发现一些问题，例如：苗床容器有泡沫框、长条花盆和塑料筐，其透水性不同可能会影响到插穗生长；在生长过程中由于气候的影响，叶片有发黄的现象；查看生根情况时，会损伤插穗愈伤组织或根系，影响其成活率；受场地影响，扦插盆摆放地由于大棚入口风向和日照不均匀，会影响试验效果；插穗生根成活所需时间长，成活率有一些差异。因此，今后开展试验时，应该严格控制试验的外部环境条件，减少误差，并优化取材。

#### 【参考文献】

- [1] 王文采, 梁方文. 《中国高等植物图鉴》编写简史 [J]. 生命世界, 2013 (9): 40-41.
- [2] 张壮, 陈国栋, 陈惠杰. 乌腺金丝桃的药理作用研究 [J]. 吉林农业, 2019 (16): 82.
- [3] 徐晓诗, 滕海达, 符元泽, 等. 金丝桃化学成分的研究 [J]. 中草药, 2019, 50 (4): 798-801.
- [4] 周燊, 高小宁, 吕小婷, 等. 金丝桃苷增强人 NK 细胞增殖及功能的研究 [J]. 中国免疫学杂志, 2019, 35 (13): 1569-1572.
- [5] 刘华强, 苗莹, 王红程. 贯叶金丝桃提取物药物相互作用的研究进展 [J]. 中国医药导刊, 2019, 21 (4): 235-239.
- [6] 李晓玲, 张宏霞. 贯叶金丝桃繁殖技术研究进展 [J]. 甘肃林业, 2017 (6): 41-42.
- [7] 潘伟, 张爽, 何溯源, 等. 野生金丝桃属植物研究现状 [J]. 园艺与种苗, 2014 (11): 40-41.
- [8] 禄树晖, 邢震, 杨小林. 藏东南多蕊金丝桃扦插繁育技术研究 [J]. 西藏科技, 2009 (10): 75-77.
- [9] 张凌云, 姚占贵, 吕洪有, 等. 野生金丝桃扦插繁殖试验 [J]. 西南师范大学学报 (自然科学版), 2006, 31 (5): 168-171.
- [10] 付新爽. 如何提高扦插繁殖成活率 [J]. 现代农村科技, 2014 (11): 32.
- [11] 郭忠, 廖禹东, 邓鼎森. 组织培养繁育赣南野生金丝桃的研究 [J]. 农业开发与装备, 2018 (12): 136.
- [12] 龙成昌, 巫华美, 周艳, 等. 贵州金丝桃扦插繁殖技术研究 [J]. 北方园艺, 2011 (18): 29-32.
- [13] 彭方仁. 经济林栽培与利用 [M]. 北京: 中国园林出版社, 2007.
- [11] 籍瑞芬. 蒙山茶区土壤宜茶性研究 [D]. 雅安: 四川农业大学, 2005.
- [12] HOU Z W, WANG Y J, XU S S, et al. Effects of dynamic and static withering technology on volatile and nonvolatile components of Keemun black tea using GC-MS and HPLC combined with chemometrics [J]. LWT-Food Science and Technology, 2020, 130: 547-556.
- [13] ZHANG Y, WANG L, WEI K, et al. Differential regulatory mechanisms of secondary metabolites revealed at different leaf positions in two related tea cultivars [J]. Scientia Horticulturae, 2020, 272 (9): 109-116.
- [14] SATARUPA A, ANKUMONI A, BANASHREE A, et al. Neuroprotective attributes of L-theanine, a bioactive amino acid of tea, and its potential role in Parkinson's disease therapeutics [J]. Neurochemistry International, 2019, 129: 478-485.
- [15] MARTA D F, JUSTINE R, ROGER H, et al. L-theanine prevents long-term affective and cognitive side effects of adolescent  $\Delta$ -9-Tetrahydrocannabinol exposure and blocks associated molecular and neuronal abnormalities in the mesocorticolimbic circuitry [J]. J Neurosci, 2021, 41 (4): 739-750.
- [16] 范培珍, 薄晓培, 王梦馨, 等. 4 个等级内山六安瓜片茶叶氨基酸的组成及差异 [J]. 安徽农业大学学报, 2017, 44 (1): 14-21.
- [17] 赵佐平, 付静, 岳思羽, 等. 陕南茶园茶叶品质分析及重金属含量现状评估 [J]. 农业工程学报, 2020, 36 (16): 201-211.

(上接第 32 页)