

# 基于多总体均值向量检验法的不同季节茶叶鉴别技术研究

刘淑媚, 周巧仪, 凌彩金\*, 王秋霜 (广东省农业科学院茶叶研究所, 广东省茶树资源创新利用重点实验室, 广东广州 510640)

**摘要** [目的]探讨多总体均值向量检验法应用于不同季节英德红茶鉴别的可行性。[方法]采用原子吸收分光光度法测定春、秋两季茶叶中 Ca、Mg、Fe、Mn、Zn、Cu 这 6 种矿质元素含量, 并采用国家标准方法测定茶样中水浸出物、茶多酚、氨基酸、咖啡碱及可溶性糖的含量。应用  $t$  检验法及两正态总体均值向量检验法, 判断春秋季节茶叶矿质元素及生化成分结果是否存在差异。[结果]春、秋两季英德红茶中 Ca、Mg 含量最高, 其次是 Mn、Fe、Zn、Cu。单因素方差分析中, 春秋两季茶叶的矿质元素中 Zn 元素存在显著差异, 其他元素均无显著差异。生化成分分析中, 春秋两季茶样中的茶多酚、氨基酸含量存在显著差异。但以矿质元素或生化成分含量作为总体进行分析, 春秋两季英德红茶的矿质元素、生化成分含量存在显著差异。[结论]该方法可为区分各季节间英德红茶的研究提供参考。

**关键词** 茶叶; 季节; 矿质元素; 生化成分; 两正态总体均值向量检验法

**中图分类号** TS207.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)19-0184-04

## Preliminary Study on Tea Identification Technology in Different Seasons Based on Multi-population Mean Vector Test

LIU Shu-mei, ZHOU Qiao-yi, LING Cai-jing et al (Tea Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangdong Key Laboratory of Tea Plant Resources Innovation & Utilization, Guangzhou, Guangdong 510640)

**Abstract** [Objective] The research aimed to explore feasibility of using multi-population mean vector test to identify black tea in different seasons. [Methods] The contents of Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu of tea in spring and autumn were determined by atomic absorption spectrophotometry. Using  $t$  test and two normal population mean vector test to determine whether there was a difference in the results of mineral elements in spring and autumn season. [Result] The content of Ca and Mg was highest in Yingde black tea in spring and autumn, followed by Mn, Fe, Zn and Cu. In the single factor analysis of variance, there were significant differences in the content of Zn in spring and autumn, and there was no significant difference between the other elements. In the analysis of biochemical components, there were significant differences in the content of tea polyphenols and amino acids in the tea samples in the two quarter of spring and autumn. With the six kinds of mineral elements or biochemical components as a whole, there were significant differences in the content of mineral elements or biochemical components in spring and autumn. [Conclusion] This method provides a reference for the study of Yingdehong tea during the season.

**Key words** Tea; Season; Mineral elements; Biochemical components; Two normal population mean vector test

茶叶是山茶科植物山茶的叶芽, 在我国有着悠久的饮茶历史, 是世界三大饮料之首。近年来, 国内外学者对茶叶的营养保健、防病治病等方面进行了一系列的研究<sup>[1-3]</sup>。茶叶具有抗衰老、抗疲劳、清除自由基、抗肿瘤等功能, 这些生理功能与茶叶中含有多种营养物质和矿质元素有关。茶叶中富含 500 多种有机成分和矿质元素, 其中具有营养价值的有机成分主要有茶多酚、咖啡碱、茶多糖等, 还有多种维生素、氨基酸和矿物质元素<sup>[1]</sup>。构成这些化合物或以无机盐形式存在的基本元素 50 多种, 其中矿质元素是 Ca、Mg、Fe、Zn、Cu、Mn 等。众所周知, 矿质元素是参与调节人体生长发育和免疫过程的重要物质, 在人体生理调节中起着重要的作用, 摄入过多或缺少会引起人体生理功能障碍, 因此饮茶是获取这些矿物质元素的重要途径之一<sup>[4-5]</sup>。

总体服从多元正态分布的研究普遍存在于社会、经济及自然科学等领域。多元统计分析问题所涉及到的数据形式全部是随机向量或是随机矩阵。该问题的处理在医学、管理、经济、工业生产及科学试验研究等各领域的统计工作中都有广泛的应用价值<sup>[6-7]</sup>。例如, 在进行统计分析时, 通常需要同时对多个指标进行研究。这些指标可作为随机变量, 随

机变量间往往会存在一定的联系, 因此需要把这些随机变量作为总体来进行研究, 多元统计分析可解决这一问题。两正态总体均值向量检验法是多元统计分析方法中的一种。对于单个因素而言, 利用  $t$  检验法可以得出满意的结果, 但对于多因素作为总体进行分析判定时,  $t$  检验法并不能全面、准确地反映总体差异的问题。两正态总体均值向量检验法能够在多个目标对象、多个指标相互关联的情况下分析其统计规律, 判断满足多元正态分布的总体的均值是否等于预判的向量, 或者判断 2 个独立的、满足多元正态分布的总体的均值是否相等。两正态总体均值向量检验法多利用 R 软件实现检验方法中的各个步骤, 然后根据计算得出的结果进行分析, 得出结论, 从而解决实际问题<sup>[8]</sup>。

对于茶叶中矿质元素及生化成分的研究, 目前多数是利用平均值、 $t$  检验法进行分析比较<sup>[9-10]</sup>, 但由此得出来的结果并不能全面准确地反映茶叶中物质的变化规律。为此, 笔者通过测定春、秋两季茶叶中的矿质元素及生化成分含量, 分别利用  $t$  检验法及两正态总体均值向量检验法对不同季节茶叶中 6 种矿质元素及常规生化成分的差异进行分析, 为区分不同季节茶叶的研究提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

**1.1.1 试材。**试验使用的英德红茶样本均由广东省农业科学院茶叶研究所提供。茶种为英红九号, 茶样来源于英德茶叶试验基地, 共 44 个样品。茶叶采摘标准为一芽二叶, 茶样采摘、加工处理后密封贮存。试验样品的信息见表 1。

**基金项目** 广东省现代农业产业技术体系创新团队建设项目(2016LM1094, 2017LM1094); 广东省科技计划项目(2015A030401065, 2016A010119173)。

**作者简介** 刘淑媚(1988—), 女, 广东鹤山人, 研究实习员, 从事茶叶品质化学与质量控制研究。\* 通讯作者, 研究员, 硕士, 从事茶叶品质化学与质量控制研究。

**收稿日期** 2018-03-21

表 1 试验样品的信息

Table 1 Information of test samples

样品编号 No.	品种 Variety	生产年份 Productive year	生产季节 Productive season	样品编号 No.	品种 Variety	生产年份 Productive year	生产季节 Productive season
1	英红九号	2012	春季	23	英红九号	2015	秋季
2	英红九号	2013	春季	24	英红九号	2015	秋季
3	英红九号	2013	春季	25	英红九号	2015	秋季
4	英红九号	2013	春季	26	英红九号	2015	秋季
5	英红九号	2015	春季	27	英红九号	2015	秋季
6	英红九号	2015	春季	28	英红九号	2015	秋季
7	英红九号	2015	春季	29	英红九号	2015	秋季
8	英红九号	2016	春季	30	英红九号	2015	秋季
9	英红九号	2016	春季	31	英红九号	2015	秋季
10	英红九号	2016	春季	32	英红九号	2015	秋季
11	英红九号	2016	春季	33	英红九号	2015	秋季
12	英红九号	2016	春季	34	英红九号	2015	秋季
13	英红九号	2016	春季	35	英红九号	2015	秋季
14	英红九号	2016	春季	36	英红九号	2015	秋季
15	英红九号	2016	春季	37	英红九号	2015	秋季
16	英红九号	2016	春季	38	英红九号	2015	秋季
17	英红九号	2016	春季	39	英红九号	2015	秋季
18	英红九号	2016	春季	40	英红九号	2015	秋季
19	英红九号	2016	春季	41	英红九号	2015	秋季
20	英红九号	2012	秋季	42	英红九号	2015	秋季
21	英红九号	2012	秋季	43	英红九号	2015	秋季
22	英红九号	2012	秋季	44	英红九号	2015	秋季

**1.1.2 试剂。**Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、B、Cr、Cd、Pb 标准溶液,由国家标准物质中心提供;磷酸氢二钠、磷酸二氢钾、碱式醋酸铅、硫酸亚铁、酒石酸钾钠、硫酸、盐酸、茛三酮、氯化亚锡、萘酚、盐酸、硝酸、高氯酸均为分析纯;试验用水为超纯水。

**1.1.3 仪器。**TAS-990 型原子吸收分光光度计(北京普析公司);HWS-26 型电热恒温水浴锅(上海一恒科技仪器有限公司);AE 200 型分析天平(上海梅特勒-托利多公司);LNK-872 型多功能快速消解器(江苏宜兴科教仪器研究所),PHS-3C 型 pH 计(上海雷磁仪器厂);725N 型紫外分光光度计(上海菁华科技仪器有限公司)。

## 1.2 方法

**1.2.1 矿质元素测定。**干法消解<sup>[1]</sup>处理茶叶样本:称取经粉碎过 60 目筛的茶样 1.000 0 g(精确到 0.000 1 g),置于 30 mL 瓷器坩埚中,在加热板上碳化,直至样品冒完黑烟,盖上盖子,放入高温炉,于 600 °C 灼烧 6 h。冷却至室温后取出,往坩埚中加入少量水和 1:1 盐酸 2 mL,将此溶液转入 20 mL 比色管中定容至刻度,摇匀。将定容后的溶液过滤,得到试样液,备用。同法处理 2 份空白样品。采用原子吸收分光光度法测定茶叶样本中 Ca、Mg、Fe、Mn、Zn、Cu 6 种矿质元素的含量。

**1.2.2 生化成分测定。**

**1.2.2.1 茶样准备。**称取经粉碎过 60 目筛的样品 1.000 g(精确至 0.001 g),放入 250 mL 锥形瓶中,加入 90 mL 沸水,浸提 45 min,每 10 min 振荡 1 次。浸提完毕后,趁热过滤,待茶汤冷却至室温后加水定容至 100 mL,备用。

**1.2.2.2 理化指标测定。**水分含量采用快速水分测定仪进行测定;茶多酚含量测定采用福林酚法,按 GB/T 8313—2008 执行;游离氨基酸总量测定采用茛三酮比色法,按 GB/T8314—2013 执行;咖啡碱含量采用紫外分光光度法,按 GB/T 8312—2013 执行;可溶性糖含量测定采用萘酚比色法;水浸出物含量测定采用全量法,按 GB/T8305—2013 执行。

**1.2.3 两正态总体均值向量的检验。**采用两正态总体方差均值法的检验模型,在显著水平  $\alpha=0.01$  下判断春秋两季茶叶矿质元素或生化成分含量结果是否存在差异。记春季茶叶的矿质元素或生化成分测定结果的总体为  $X$ ,并设  $X \sim N(\mu^{(1)}, \Sigma)$ ;秋季茶叶测定结果的总体为  $Y$ ,并设  $Y \sim N(\mu^{(2)}, \Sigma)$ ,来自 2 个总体的样本容量  $n_1=16, n_2=29$  检验:

$$H_0: \mu^{(1)} = \mu^{(2)}, H_1: \mu^{(1)} \neq \mu^{(2)}$$

取检验统计量为:

$$F = \frac{n+m-p-1}{(n+m-2)p} T^2 \quad (p=4, n=16, m=29)$$

对给定  $\alpha=0.01$ ,利用 SAS 9.4 统计软件进行分析。

**1.2.4 正态总体均值检验。**采用 SAS 9.4 软件对春秋两季茶叶中矿质元素、生化成分进行差异性分析。

## 2 结果与分析

**2.1 矿质元素含量及差异性** 采用两正态总体方差均值法的检验模型,在显著水平  $\alpha=0.01$ ,通过 SAS 9.4 统计软件分析,结果显示,44 个茶叶样品均含有 Ca、Mg、Fe、Mn、Zn、Cu 6 种矿质元素,以 6 种矿质元素作为总体而言,春秋两季英德

红茶的矿质元素含量存在显著差异。由表2可知,春、秋两季英德红茶中Ca、Mg含量较高,其次是Mn、Fe、Zn、Cu,这些矿质元素都是对人体健康有重要的营养保健价值。此外,英德红茶中的矿质元素含量存在季节性差异。Ca、Mg、Mn含量的季节性变化为秋季大于春季;Fe、Zn、Cu含量的季节性变化为春季大于秋季。春秋两季茶叶的矿质元素中Zn含量存在显著差异,其他元素含量无显著差异。

表2 春、秋两季茶叶各元素含量均值检验

Table 2 The mean test of the content of mineral elements in tea in spring and autumn

矿质元素 Mineral element	季节 Season	平均值 Average value/%	标准差 Standard deviation	P值 P-Value
Ca	春季	3 062.64	840.46	0.322
	秋季	3 280.15	607.33	
Mg	春季	1 831.51	263.39	0.285
	秋季	1 926.04	288.98	
Fe	春季	86.48	23.44	0.407
	秋季	77.32	40.00	
Mn	春季	457.27	247.51	0.138
	秋季	599.94	328.64	
Zn	春季	36.67	10.39	0.002**
	秋季	27.87	7.05	
Cu	春季	23.45	9.57	0.240
	秋季	20.43	7.26	

注:\*\*表示差异极显著( $P<0.01$ )

Note:\*\* showed extremely significant differences( $P<0.01$ )

2.2 矿质元素相关性 对春、秋两季茶叶中6种矿质元素进行相关分析,其相关系数及差异性结果见表3~4。由表3~4可见,春季英德红茶矿质元素中,Ca含量与Mg、Zn、Cu含量存在负相关关系,Mn含量与Zn、Cu含量存在负相关关系,但均不显著;Cu含量与Mg、Zn含量存在显著正相关关系。秋季英德红茶矿质元素中,Ca含量与Mg、Fe、Zn、Cu含量存在负相关关系,Cu含量与Mg、Mn含量存在负相关关系,但均不显著;Cu含量与Zn含量存在显著正相关关系。

表3 春季茶叶矿质元素间的相关系数

Table 3 Correlation coefficients between mineral elements in spring tea

矿质元素 Mineral element	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
Ca	1.000					
Mg	-0.183	1.000				
Fe	0.114	0.070	1.000			
Mn	0.096	0.190	0.248	1.000		
Zn	-0.448	0.494	0.013	-0.196	1.000	
Cu	-0.106	0.523*	0.205	-0.125	0.851**	1.000

注:\*\*表示差异极显著( $P<0.01$ ),\*表示差异显著( $P<0.05$ )

Note:\*\* showed extremely significant differences( $P<0.01$ ),\* showed significant differences( $P<0.05$ )

2.3 生化含量及差异性 采用国家茶叶标准方法测定春、秋季英红九号红茶的常规生化成分含量,并对春、秋季英红九号红茶的茶多酚、氨基酸、咖啡碱、可溶性糖、水浸出物含量进行差异性分析。结果表明,水浸出物、茶多酚及氨基酸

等5种常规成分含量作为总体进行分析,春秋两季茶叶中的生化成分含量存在极显著差异( $P<0.01$ )。

表4 秋季茶叶6种矿质元素间的相关系数

Table 4 Correlation coefficients between mineral elements in autumn tea

矿质元素 Mineral element	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
Ca	1.000					
Mg	-0.069	1.000				
Fe	-0.321	0.257	1.000			
Mn	0.216	0.029	0.178	1.000		
Zn	-0.276	0.229	0.205	0.015	1.000	
Cu	-0.188	-0.045	0.004	-0.080	0.805**	1.000

注:\*\*表示差异极显著( $P<0.01$ )

Note:\*\* showed extremely significant differences( $P<0.01$ )

由表5可见,44个茶叶样品均含有茶多酚、氨基酸及可溶性糖等生化组分,其中春季茶叶中的游离氨基酸、可溶性糖及咖啡碱含量高于秋季;春秋两季的茶多酚、氨基酸及水浸出物含量存在显著差异。茶多酚、氨基酸是重要的滋味物质,其氨基酸含量越高,形成的茶叶则滋味鲜醇、香气也好<sup>[9]</sup>。

表5 春、秋两季茶叶生化成分含量均值检验

Table 5 The mean test of the content of biochemical components in spring and autumn tea

生化成分 Biochemical component	季节 Season	平均值 Average value/%	标准差 Standard deviation	P值 P-Value
水浸出物 Water extract	春季	33.09	2.56	0.024*
	秋季	35.69	2.87	
茶多酚 Tea Polyphenols	春季	12.39	1.64	0.000**
	秋季	15.86	3.25	
氨基酸 Amino acids	春季	3.32	0.64	0.002**
	秋季	2.84	0.40	
可溶性糖 Soluble sugar	春季	3.38	0.56	0.173
	秋季	3.36	0.28	
咖啡碱 Caffeine	春季	50.50	0.59	0.751
	秋季	46.67	4.98	

注:\*\*表示差异极显著( $P<0.01$ ),\*表示差异显著( $P<0.05$ )

Note:\*\* showed extremely significant differences( $P<0.01$ ),\* showed significant differences( $P<0.05$ )

2.4 生化成分相关性 由表6~7可见,春季英德红茶生化成分中,咖啡碱含量与可溶性糖含量存在显著的负相关关系;茶多酚含量与氨基酸、可溶性糖含量存在正相关关系,但不显著。秋季英德红茶生化成分中,氨基酸含量与茶多酚、

表6 春季茶叶生化成分间的相关系数

Table 6 Correlation coefficients between biochemical components in spring tea

生化成分 Biochemical component	茶多酚 Tea polyphenols	氨基酸 Amino acids	可溶性糖 Soluble sugar	咖啡碱 Caffeine
茶多酚 Tea Polyphenols	1.000			
氨基酸 Amino acids	0.127	1.000		
可溶性糖 Soluble sugar	0.180	0.023	1.000	
咖啡碱 Caffeine	-0.348	-0.373	-0.582**	1.000

注:\*\*表示差异极显著( $P<0.01$ )

Note:\*\* showed extremely significant differences( $P<0.01$ )



咖啡碱含量均存在显著的负相关关系;茶多酚含量与可溶性糖、咖啡碱含量存在正相关关系,但不显著。

表 7 秋季茶叶生化成分间的相关系数

Table 7 Correlation coefficients between biochemical components in autumn tea

生化成分 Biochemical component	茶多酚 Tea polyphenols	氨基酸 Amino acids	可溶性糖 Soluble sugar	咖啡碱 Caffeine
茶多酚 Tea Polyphenols	1.000			
氨基酸 Amino acids	-0.446*	1.000		
可溶性糖 Soluble sugar	0.000	-0.391	1.000	
咖啡碱 Caffeine	0.089	-0.590**	-0.055	1.000

注: \*\* 表示差异极显著 ( $P < 0.01$ ), \* 表示差异显著 ( $P < 0.05$ )

Note: \*\* showed extremely significant differences ( $P < 0.01$ ), \* showed significant differences ( $P < 0.05$ )

### 3 讨论

**3.1 矿质元素分析** 矿质元素中部分元素是生物机体生长发育过程中必需物质,当机体缺少某种矿质元素,机体将不能正常完成某些生存和繁育的过程<sup>[12-14]</sup>。茶树中必需元素为 H、C、O、N、P、K、S、Ca,必需的微量元素为 Mg、Mn、Cu、Fe、B、Si、Zn、Mo 等,这些矿质元素在茶树生长发育过程中均起到重要的生理作用<sup>[5,15]</sup>。茶树在生长过程中选择性地从环境、土壤中富集多种矿质元素,种植茶树的土壤、环境气候及加工方法等因素会对茶叶中微量元素的含量存在一定的影响,不同季节间茶叶中微量元素含量会有一定差异,部分元素间差异显著。陈学文等<sup>[16]</sup>研究表明,岭头单丛茶叶在不同季节中均含有 Ca、Mg、Fe、Zn 等 12 种元素,其中 Ca、Mg 含量最高。不同季节的岭头单丛茶微量元素含量存在一定的差异,但是这些变化不管在哪个季节均呈现规律性变化,岭头单丛茶对微量元素的吸收和富集的大小规律并不会随季节的改变而发生变化。林琼等<sup>[17]</sup>研究也表明,不同季节苦丁茶微量元素含量存在一定差别,这与茶树在不同季节选择性吸收和富集微量元素有关。

该试验表明,英德红茶在春秋两季中均含有 Ca、Mg、Mn、Fe、Zn、Cu 6 种元素,对春秋两季间单种矿质元素的含量进行统计分析,除 Zn 元素外,其他元素均无显著差异。以 6 种元素作为总体而言,春秋两季英德红茶的矿质元素含量存在显著差异。虽然春秋两季茶叶中微量元素存在一定的差异,但是茶树对矿质元素吸收、富集的规律是一致的,从大到小依次为 Ca、Mg、Mn、Fe、Zn、Cu。这说明了英德红茶对矿质元素的吸收与富集在春秋两季会有一定的差异,但对矿质元素富集比例并不会随着季节的变化而发生改变,这可能是季节的变化过程中,光照、雨水、湿度、温度、肥料<sup>[18]</sup>等外部环境的变化,导致茶树对矿质元素的生理需求及从种植土壤中吸收和富集矿质元素的种类和需要量也发生变化<sup>[19]</sup>。

该试验测定了 6 种矿质元素,春秋两季茶叶的 Zn 元素存在显著差异,其他元素均无显著差异。为了探究这 6 种元素之间的相关性关系,所以运用 SAS 软件分别对春季或秋季茶样中 6 种微量元素测定结果进行相关性分析。根据相关

性分析结果显示,春季英德红茶中 Ca 含量与 Mg、Zn、Cu 含量存在负相关关系,Mn 含量与 Zn、Cu 含量存在负相关关系,但差异均不显著;Cu 含量与 Mg、Zn 含量存在显著正相关关系。秋季英德红茶中 Cu 含量与 Zn 含量存在显著正相关关系,结果表明茶叶微量元素间存在协同或者拮抗作用。冉登培<sup>[20]</sup>研究表明,不同的微量元素之间存在拮抗或协同作用,一些元素间存在正相关或者负相关性。有研究表明,在茶叶叶面喷施含 Zn 和 Se 等元素的营养液,随着营养液浓度的递增,茶叶中 Se、Zn 的浓度也明显递增。在一定喷施浓度下,Zn 与 Cu、Mn 等元素表现出协同效应,但营养液浓度超过一定浓度后会表现为拮抗效应<sup>[13]</sup>。

**3.2 生化成分分析** 植物体内所含的有机成分含量会与所处地区的环境气候条件以及土壤环境存在一定的相关性。茶树喜温湿环境、耐阴,因此空气相对湿度、降水量、气温、光照等气候条件的变化,对茶树生长会产生较大的影响,影响茶叶的产量和品质<sup>[21]</sup>。气温高、日照强,茶树体内碳代谢水平会相对较高,氮代谢水平低,从而造成多酚类物质含量增加,氨基酸、维生素芳香物质等含量减少。从理论上分析,通过探明引起某一生化成分含量变化的环境调控因子以及所表现的变化类型即可对茶树品种进行生态型分类<sup>[22]</sup>。

茶叶水浸出物是茶叶中可溶于水的各种物质的总称,主要包括多酚类(包括水溶性色素)、游离氨基酸、可溶性糖、水溶维生素、水溶果胶、咖啡碱、水溶蛋白、无机盐等。该试验中,春秋两季的水浸出物含量平均值分别为 33.09%、35.69%,水浸出物含量存在显著差异。春秋两季的茶多酚及氨基酸的含量存在差异。以常规生化成分作为总体而言,春秋间的生化成分存在显著差异 ( $P < 0.01$ )。说明不同季节间的生化成分含量存在差异,其原因可能是因为不同季节间的温湿、降雨量或土壤环境等的差异会影响茶树的生长发育情况,从而导致茶叶中生化成分发生差异。

### 4 结论

英德红茶富含茶多酚、氨基酸、Ca、Mg、Zn、Cu 等营养物质,春秋两季英德红茶中矿质元素、生化成分含量存在一定差异。通过以矿质元素或生化成分含量作为整体,采用两正态总体均值向量检验法等分析方法进行统计分析可在一定程度上区分春、秋季节茶叶,为探究区分不同季节茶叶矿质元素或生化成分提供参考。

### 参考文献

- [1] 毛清黎,施兆鹏,李玲,等. 茶叶儿茶素保健及药理功能研究新进展[J]. 食品科学,2007,28(8):584-589.
- [2] 周金伟,陈雪,易有金,等. 不同类型茶叶体外抗氧化能力的比较分析[J]. 中国食品学报,2014,14(8):262-269.
- [3] ROOMI M W, MONTERREY J C, KALINOVSKY T, et al. Comparative effects of EGCG, green tea and a nutrient mixture on the patterns of MMP-2 and MMP-9 expression in cancer cell lines[J]. Oncol Rep,2010,24(3):747-757.
- [4] 莫治雄. 茶树微量元素营养研究综述[J]. 广东茶业,1995(1):6-14.
- [5] 段小华. 影响茶树铝循环和茶叶品质因素的研究[D]. 南昌:南昌大学,2012.
- [6] 刘婵,江伟. 葡萄酒评价结果的差异性分析与可信度确定[J]. 科技创新导报,2014(27):230-231,233.
- [7] 张干. 多总体比较的假设检验[D]. 淄博:山东理工大学,2014.

评价为“较好”。说明该工艺能够较好地处理安徽省农村生活污水,总体污染物去除效率较高,无动力运行可大大降低

吨水投资和运行费用。该工艺经济性很好,主要适用于经济较为落后的村庄。

表7 整体适宜性评估得分

Table 7 Overall suitability assessment score

分

区位 Location	沼气净化池或厌氧池+稳定塘或人工湿地 Biogas purification pond or anaerobic pond + stabilization pond or constructed wetland				太阳能微动力生物接触氧化法+人工湿地 Solar powered micro dynamic biological contact oxidation + constructed wetland			
	有效性 Effectiveness	经济性 Economical efficiency	可行性 Feasibility	小计 Total	有效性 Effectiveness	经济性 Economical efficiency	可行性 Feasibility	小计 Total
皖北 Northern Anhui	27	26	26	79	40	22	26	88
皖中 Middle Anhui	27	26	28	80	40	22	28	90
沿江 Along the river	27	26	28	80	40	22	28	90
皖西 Western Anhui	30	26	24	80	40	22	28	90
皖南 Southern Anhui	30	26	24	80	40	24	28	92

  

区位 Location	厌氧池-跌水接触氧化+人工湿地或生态渠沟 Anaerobic pond + drop contact oxidation + artificial wetland or ecological ditch				厌氧池+TBO+后处理 Anaerobic pool +TBO+ post treatment			
	基建成本 Infrastructure cost	运行成本 Running cost	占地面积 Area covered	小计 Total	基建成本 Infrastructure cost	运行成本 Running cost	占地面积 Area covered	小计 Total
皖北 Northern Anhui	35	22	22	79	37	26	28	91
皖中 Middle Anhui	35	24	22	81	37	26	28	91
沿江 Along the river	35	24	22	81	37	26	28	91
皖西 Western Anhui	35	24	24	83	37	26	26	89
皖南 Southern Anhui	35	24	24	83	37	26	26	89

#### 4 结语

(1) 该研究建立了一个能够反映技术有效性、技术经济性及技术适宜性的农村生活污水治理技术评价指标体系。该指标体系不仅能评价农村生活污水治理技术的性能水平,也可评价农村生活污水治理技术对特定地区的适宜程度,可为农村生活污水治理技术示范、推广项目优选评价先进、适用的工艺技术。

(2) 该研究建立的基于特尔斐法的农村生活污水治理技术适宜性评估体系,可通过评判农村生活污水治理技术的性能水平与应用地区对农村生活污水治理的技术需求特征的匹配程度来评判技术方案的适宜性,在此基础上测算各备选方案的分值从而得到最佳方案。与其他方法不同的是,该方法更强调农村生活污水治理的适用性,有助于提高农村生活污水治理技术的推广应用效果。

(3) 通过对4项典型工艺进行适宜性评估,评价出4项技术在不同典型区域的适宜性。结合实际情况验证了该研

究所建立的评价方法的应用具有较好的合理性,能够反映当地的实际状况,可为不同分区、分级的农村基层组织提供优选评价与决策分析,并给中部其他气候、地理特征相似区域提供借鉴。

#### 参考文献

- [1] 亓玉军,魏英华,侯述光.农村生活污水治理现状及对策研究[J].环境科学与管理,2014,39(6):98-100.
- [2] 沈丰菊,张克强,李军幸,等.基于模糊积分模型的农村生活污水治理模式综合评价方法[J].农业工程学报,2014,30(15):272-280.
- [3] 孔赞,朱光灿,张亚平,等.农村生活污水治理工艺综合效能评估[J].东南大学学报(自然科学版),2012,42(3):473-477.
- [4] 夏训峰,王明新,闵慧,等.基于模糊优劣系数法的农村生活污水治理技术优选评价方法[J].环境科学学报,2012,32(9):2287-2293.
- [5] 骆其金,钟昌琴,谌建宇,等.农村生活污水治理技术评估方法与案例研究[J].环境工程学报,2016,6(2):105-110.
- [6] 匡武,王翔宇,周其胤,等.提高低C/N值农村生活污水中TN去除效果[J].环境工程学报,2015,9(9):4252-4258.
- [7] 孙丽.微动力接触氧化法处理军营生活污水示范研究[J].环境科学,2013,39(2):19-22.
- [8] 桂双林,王顺发,吴永明,等.生物滤塔-人工湿地组合工艺对农村生活污水净化效果研究[J].环境工程学报,2011,5(10):2312-2314.

(上接第187页)

- [8] 赵培信.多元正态分布均值向量检验的R软件实现[J].电脑知识与技术,2012(31):7501-7503.
- [9] 邱有梅,王飞权,罗盛财,等.不同季节武夷名丛茶树种质资源生化成分分析[J].西北农业学报,2012,21(10):117-122.
- [10] 郑崇吉,范瑞芳,李冬如,等.凤凰单丛茶不同季节、不同部位生物活性物质及金属离子含量分析[J].广东茶业,2009(4):26-30.
- [11] 黄一帆.ICP-AES测定茶中微量元素的含量[J].光谱实验室,2009,26(1):107-109.
- [12] 方兴汉,吴采.茶树某些矿质元素缺乏症的研究[J].中国茶叶,1984(6):23-25.
- [13] 何萍萍.不同农作物中元素富集与拮抗效应的研究[D].合肥:中国科学技术大学,2003.
- [14] ZAICHICK V,ZAICHICK S,KARANDASHEV V,et al. The effect of age and gender on Al,B, Ba, Ca, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, P, S, Sr, V, and Zn contents in rib bone of healthy humans[J]. Biol Trace Elem Res, 2009, 129(1/2/3):107-115.

- [15] 韩文炎,许允文.铜与锌对茶树生育特性及生理代谢的影响IV. 锌对茶树体内矿质元素含量及分布的影响[J].茶叶科学,1996,16(1):13-18.
- [16] 陈学文,廖金才,罗一帆.岭头单丛茶微量元素和黄酮含量与季节的关系[J].中国民族民间医药杂志,2006(3):174-176.
- [17] 林琼,许旋.不同季节苦丁茶叶的微量元素和黄酮含量的测定[J].中国民族民间医药杂志,2005(4):240-242.
- [18] 韩效钊,刘文宏,汪贵玉,等.茶园测土配肥及其叶面营养调理研究[J].安徽农业科学,2008,36(2):642-643.
- [19] 伍炳华,韩文炎,姚国坤.不同品种茶树体内矿质元素的分布及动态变化[J].中国茶叶,1990(6):20-21.
- [20] 冉登培.贵州地区茶叶微量元素分析及稀土影响因素探究[D].重庆:西南大学,2014.
- [21] 高婷.西南茶区生态环境与茶叶品质综合评价研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2013.
- [22] 范延良,张丽霞,向勤程,等.泰安茶区不同品种嫩梢生化成分的季节差异分析[J].山东农业科学,2017,49(3):58-63.