

崂山春茶气候品质评价方法研究

刘春涛¹ 薛晓萍^{2*} 朱俊翰¹ 项英朔³

(1 山东省青岛市崂山区气象局, 青岛 266100; 2 山东省气候中心, 济南 250031;

3 中国海洋大学, 青岛 266100)

摘要 基于农业气象田间试验方法, 选取崂山大田春茶群体种和龙井 43 两个主栽品种, 于 2022 年、2023 年两年连续观测, 各采集 17 个检测样本、68 个重复, 检测其主要生化成分: 咖啡碱、氨基酸、茶多酚和酚氨比。将各生化成分与采茶日前 1~20 d 的气温、日照、相对湿度等逐日平均气象资料分别做相关分析、回归分析等, 结果表明: ①春茶两个品种的咖啡碱、氨基酸、茶多酚和酚氨比与采茶日前 1~20 d 的气象因子存在显著的相关关系, 相关系数分别通过了 0.05、0.01 的显著性检验, 不同茶树品种的生化成分与相关气象因子基本一致, 但影响时段存在差异。②建立了茶多酚、氨基酸、酚氨比与气象因子的最优回归方程, 群体种茶多酚、氨基酸、酚氨比的平均预报准确率分别为 88.5%、94.6%、96.4%; 龙井 43 茶多酚、氨基酸、酚氨比的平均预报准确率分别为 88.6%、92.9%、97.5%。③构建了崂山春茶气候品质评价指标。对酚氨比和氨基酸样本做 K-平均值聚类分析, 划分了崂山春茶气候品质的 4 个等级, 根据不同等级一一对应的酚氨比气象指标, 构建了两组崂山春茶气候品质评价指标; 根据建立的酚氨比预报方程的不同阈值可以预报崂山春茶气候品质的等级。本研究为崂山春茶气候品质评价提供技术支撑, 具有较高的实用性和可操作性, 同时面向崂山茶产业, 提高春茶的竞争力与附加值, 助力乡村振兴。

关键词 春茶; 气候品质; 相关分析; 回归分析; K-平均值聚类分析

中图分类号: P49:s16 **DOI**: 10.19517/j.1671-6345.20230410 **文献标识码**: A

引言

崂山茶在我国属于江北茶区, 是 36°N 海岸山地茶。崂山区现有茶叶种植面积约 1333.3 hm², 从业人员约 1.7 万人, 茶叶年产量约 1500 t, 年产值约 6 亿元, 崂山春茶品质优、价位高, 春茶市场平均价格在 1200~2400 元/kg 之间, 茶叶已成为崂山区乡村振兴的支柱产业, 开展崂山春茶气候品质评价可以提高崂山茶的附加值, 具有重要的现实意义。

由于崂山茶位于我国的北方, 较福建、浙江等南方地区茶树的越冬期长, 加上崂山濒临黄海, 冬暖、春长、常年多海雾, 茶叶的氨基酸、茶多酚、咖啡碱等营养物质含量较丰富, 形成了崂山春茶独有的叶片厚、豌豆香、香气浓和耐冲泡等特点。

崂山茶的主要品种有黄山中小叶群体种和龙井

43 等, 中小叶群体种适宜生长的温度为日平均气温 ≥ 12 °C, 龙井 43 早熟品种生长适宜的温度为日平均气温 ≥ 10 °C。崂山大田春茶通常每年 4 月上中旬至 10 月上中旬为采茶期, 每年 10 月下旬至来年 2 月底为营养生长阶段, 3 月上旬开始返青生长, 春茶采摘期大约为 4 月上旬至 6 月上中旬, 春茶的采摘期较福建、浙江等地区推迟 1~2 个月。

气候条件是影响茶叶品质的重要因素。茶叶中的生化成分有几十种之多, 但是影响茶叶品质的主要生化成分为咖啡碱、茶多酚、氨基酸等, 酚氨比是茶多酚与氨基酸的比值。春茶品质的优劣主要是由色、香、味、形和叶底综合评定, 通常认为春茶的氨基酸含量越高, 同时, 酚氨比含量越低的茶叶品质越高。

气候条件对茶叶品质有显著的影响, 娄伟平

<http://www.qxkj.net.cn> 气象科技

青岛市气象局科研项目(2022qdxm03)资助

作者简介: 刘春涛, 男, 1970 年生, 硕士, 高级工程师, 从事农业气象服务与研究, Email: lct011@163.com

收稿日期: 2023 年 11 月 28 日; 定稿日期: 2024 年 10 月 9 日

* 通信作者, Email: xypdhy@163.com

©《气象科技》编辑部 (CC BY-NC-ND 4.0)

等^[1-2]就茶叶生化成分与气象条件的关系做了详尽的分析。金志凤等^[3-4]通过研究浙江省气候品质评价,制定了茶叶气候品质评价气象行业标准。刘瑞娜等^[5]基于气候指数制定了安徽省茶叶气候品质评价指标。陶瑶等^[6]研究了气候变暖背景下修水县春茶气候品质等级变化趋势分析。武强等^[7]研究了巴南银针产区茶叶气候适宜性与气候品质评价。不同茶芽、环境因子对茶叶生化成分存在显著影响^[8-10]。国外研究人员通过高光谱成像技术检测绿茶品质^[11]。已有研究^[12-18]关于油菜、文旦柚、棉花和茶叶气象条件风险评估与气候品质认证为崂山茶研究提供了借鉴。山东茶区至今尚未开展茶叶气候品质相关研究,本文通过崂山春茶两个茶树品种的主要生化成分与采茶日前的气象要素做相关分析与回归分析,确定了影响崂山春茶品质的主要气象因子,同时对崂山春茶主要生化成分——酚氨比和氨基酸做聚类分析,建立了崂山春茶气候品质评价指标,根据酚氨比预报方程结合评价指标,可以预报崂山春茶气候品质等级,填补了崂山春茶气候品质评价的空白,为开展崂山春茶气候品质评价提供了技术支撑。

1 资料与方法

茶叶样本取自北崂茶场,位于青岛市崂山区气象局国家基本气象站南约3~4 km,有标准化茶园15 hm²,为丘陵地形,分别选取群体种和龙井43两块茶园,每块茶园面积约2 hm²,按照农业气象田间试验方法,分别在茶园南、北、东、西四个方位,距离

茶园4个边界5 m处划出3 m×3 m正方形样本采茶区,在2022年和2023年4月上旬至6月中旬,每间隔5~7 d采茶一次,按照崂山绿茶团体标准《茶叶品鉴 崂山绿茶、红茶和白茶》^[19]加工制成崂山春茶群体种、龙井43干茶成品,由中国农业科学院浙江茶叶研究所根据咖啡碱 GB/T 8312—2013、茶多酚 GB/T 8313—2018、游离氨基酸 GB/T 8314—2013 检测标准,检测咖啡碱、茶多酚、氨基酸的含量,并根据茶多酚与氨基酸含量计算酚氨比。连续两年检测群体种与龙井43各17个样本、68个重复。

气象资料采用崂山区气象局国家基本气象站的观测资料,为2022年和2023年3月下旬至6月中旬逐日气象资料,主要包括日平均气温、日平均相对湿度、日照时数、气温的日较差。利用Spss22.0统计分析软件对崂山春茶生化成分与气象资料做统计分析。

2 崂山春茶生化成分与气象要素相关分析

将咖啡碱、茶多酚、氨基酸和酚氨比分别与采摘日前1~20 d气象资料逐日累加求平均计算得到的各时段(即采茶日前1 d、采茶日前1~2 d、采茶日前1~3 d、…、采茶日前1~20 d)平均气温、平均相对湿度、平均日照时数、气温平均日较差进行相关分析,确定影响春茶生化成分的关键气象因子。因为各气象因子量纲不同,进行相关分析之前统一做归一化处理,茶叶生化成分与气象因素的相关性见表1、表2。

表1 群体种生化成分与气象因子相关显著性及影响时段

Table 1 Significance and impact periods of biochemical components and meteorological factors in population species

		平均气温	平均相对湿度	日照时数	气温日较差
咖啡碱	相关系数	—	—	0.495*~0.587*	0.531*、0.503*
	影响时段/d	—	—	1~8	5、8
茶多酚	相关系数	—	0.606**~0.742**	-0.547*~-0.765**	-0.618**~-0.745**
	影响时段/d	—	1~20	1~20	2~20
氨基酸	相关系数	-0.568**~-0.660**	-0.547*~-0.765**	—	—
	影响时段/d	3~20	7~20	—	—
酚氨比	相关系数	0.511*~0.642**	0.614**~0.888**	-0.485*~-0.648*	-0.531**~-0.705**
	影响时段/d	8~20	1~20	1~4、9~14	2~20

注:表中“**”“*”分别表示相关系数达到0.01、0.05显著性检验水平;“—”表示相关系数未达到0.05显著性检验水平;“1~20”表示茶叶采摘前1 d,1~2 d,1~3 d,1~4 d,……,1~20 d,7~20表示采茶前1~7 d,1~8 d,1~9 d,……,1~20 d,下同。

表 2 龙井 43 生化成分与气象因子相关显著性及影响时段

Table 2 Significance and impact periods of biochemical components and meteorological factors in longjing 43

		平均气温	平均相对湿度	日照时数	气温日较差
咖啡碱	相关系数	—	—	0.52*、0.483*	—
	影响时段/d	—	—	8、12	—
茶多酚	相关系数	0.506*~0.572*	—	-0.55**~-0.70**	-0.494*
	影响时段/d	6~20	—	10~20	17
氨基酸	相关系数	-0.535*~-0.613*	-0.497*~-0.617*	—	—
	影响时段/d	1~20	7~20	—	—
酚氨比	相关系数	0.703**~0.827**	0.527**~0.741**	—	-0.486*~-0.546*
	影响时段/d	1~20	6~20	—	9~20

3 嵊山春茶生化成分与气象要素回归分析

2022 年和 2023 年两个春茶品种分别得到 17 个检测样本,每一个品种分别选取 15 个样本生化成分咖啡碱、酚氨比、氨基酸做为因变量,每个因变量分别对应 80 个气象因子作为自变量建立回归方程^[20-28],随机各取 2 个样本用于回归方程的检验,群体种随机选取 2022 年 5 月 19 日、2023 年 5 月 29 日检验,龙井 43 随机选取 2022 年 5 月 13 日、2023 年 5 月 29 日检验。通过逐步回归筛选气象因子,根据气象因子的方差贡献逐步引入、逐步剔除因子,通过 F 检验,确定最优方程,分别建立两个茶树品种 3 种生化成分与气象因子的回归方程

3.1 群体种

引入相关系数显著的气象因子,咖啡碱建立的方程没有通过 0.05 的显著性检验。

群体种茶多酚 \hat{y}_1 与气象因子的回归方程:

$$\hat{y}_1 = 36.301 - 9.046\Delta T_{113} + 12.405\Delta T_{16} - 9.175S_{113} \quad (1)$$

式中, ΔT_{16} 、 ΔT_{113} 分别为采茶前 1~6 d、1~13 d 的气温日较差、 S_{113} 为采茶前 1~13 d 的日照时数。经检验 2022 年 5 月 19 日茶多酚的预报值为 32.82,实测值为 29.50,预报准确率为 89.9%;2023 年 5 月 29 日茶多酚的预报值为 37.81,实况值为 32.88,预报准确率为 87.0%,两次预报平均准确率为 88.5%。

群体种氨基酸 \hat{y}_2 与气象因子的回归方程:

$$\hat{y}_2 = 5.049 - 1.286T_{119} \quad (2)$$

式中, T_{119} 表示采茶日前 1~19 d 的逐日平均气温。经检验,2022 年 5 月 19 日氨基酸的预报值为 4.50,

实测值为 4.32,预报准确率为 96.1%;2023 年 5 月 29 日氨基酸的预报值为 4.03,实况为 4.31,预报准确率为 93.0%,两次预报平均准确率为 94.6%。

3.2 龙井 43 品种

引入相关系数显著的气象因子,咖啡碱建立的方程没有通过 0.05 的显著性检验。

龙井茶多酚 \hat{y}_3 与气象因子的回归方程:

$$\hat{y}_3 = 35.002 - 35.58S_{117} + 28.713S_{116} \quad (3)$$

式中, S_{116} 、 S_{117} 分别表示采茶日前 1~16 d、1~17 d 的平均日照时数。经检验,2022 年 5 月 13 日茶多酚的预报值的区间为 32.57,实测值为 29.22,预报准确率为 89.7%;2023 年 5 月 29 日的茶多酚的预报值为 30.80,实测值为 34.64,预报准确率为 87.5%,两次预报平均准确率为 88.6%。

龙井氨基酸 \hat{y}_4 与气象因子的回归方程:

$$\hat{y}_4 = 5.246 - 1.906T_{117} \quad (4)$$

式中, T_{117} 表示采茶前 1~17 d 的逐日平均气温。经检验,2022 年 5 月 13 日氨基酸的预报值为 4.63,实测值为 4.25,预报准确率为 91.8%;2023 年 5 月 29 日的氨基酸的预报值为 3.63,实测值为 3.85,预报准确率为 93.9%,两次预报平均准确率为 92.9%。

通过以上分析可知,两个茶树品种生化成分的主要气象因子都在相关性检验显著的范围内(表 1、表 2),其中影响群体种茶多酚的气象因子为采茶日前 1~6 d、1~13 d 气温的日较差和 1~13 d 的日照时数,影响氨基酸的气象因子为采茶日前 1~19 d 的日照时数;影响龙井 43 茶多酚的气象因子为 1~16 d、1~17 d 日照时数,影响氨基酸的气象因子为采茶日前 1~17 d 平均气温。可见气候条件对不同茶树品种的影响时段和影响因子存在明显差异。

4 崂山春茶气候品质评价指标的建立

传统上绿茶的品质等级主要取决于感官评价,存在一定的主观性,还易受到环境因素的干扰,将感官评价、化学分析与农业气象预报结合起来做品质评价具有充分的理论依据。我们首先根据酚氨比检测资料与采茶日前对应的气象资料建立酚氨比预报方程,通过聚类分析划分崂山春茶气候品质评价的不同等级,再根据感官评价、以及氨基酸与酚氨比对应的气象资料,建立崂山春茶气候品质评价指标。

4.1 崂山春茶酚氨比预报方程的建立

任意选取 15 个酚氨比检测样本作因变量,引入表 1、2 群体种、龙井 43 相关显著的气象因子作为自变量建立回归方程,群体种仍然选取 2022 年 5 月 19 日、2023 年 5 月 29 日检验,龙井 43 选取 2022 年 5 月 13 日、2023 年 5 月 29 日检验,通过逐步回归引进或剔除因子,经 F 检验,分别建立两个茶树品种酚氨比与气象因子的回归方程:

群体种酚氨比 \hat{y}_5 :

$$\hat{y}_5 = 3.606 + 7.578U_{114} + 3.294\Delta T_{118} \quad (5)$$

式中, U_{114} 、 ΔT_{118} 分别表示采茶日前 1~14 d 的平均相对湿度、1~18 d 的气温日较差。经检验,2022 年 5 月 19 日预报值为 6.65,实测值为 6.83,预报准确率为 97.3%。2023 年 5 月 29 日预报值为 8.01,实况为 7.63,预报准确率为 95.4%,两次平均预报准确率为 96.4%。

龙井 43 酚氨比 \hat{y}_6 :

$$\hat{y}_6 = 4.892 + 3.938T_{113} + 2.621U_{116} \quad (6)$$

式中, T_{113} 、 U_{116} 分别为采茶日前 1~13 d 的平均气温、1~16 d 的平均相对湿度。经检验,2022 年 5 月 13 日预报值为 6.84,实测值为 6.87,预报准确率为 99.5%;2023 年 5 月 29 日预报值为 9.38,实测值为 9.00,预报准确率为 95.49%,两次平均预报准确率为 97.5%。

4.2 气候品质等级的划分

酚氨比(%)是茶多酚与氨基酸的比值,它是表征茶叶品质的生化指标,通常茶叶酚氨比含量越低且氨基酸含量越高,春茶的品质越好。对群体种与龙井 43 各 17 个检测样本分别做 K-平均值聚类分析,将春茶的气候品质划分为 4 个等级^[29-31],采用欧式距离计算组内距离,分别经过两次迭代达到收敛。

常用的距离量度标准是欧几里得距离的平方:

$$d(x, y)^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2 = \|x - y\|_2^2 \quad (7)$$

其中, x 和 y 表示不同的两个样本, n 表示样本的维度(特征的数量),本例中把春茶划分为 4 个等级,令 $n=4$,基于欧式距离,K-平均值算法使得簇内误差平方和最小。

根据群体种聚类样本列表、样本距离各中心点的距离、方差分析表及预报方程式(2)、式(5)得到崂山春茶群体种评价指标,同样根据龙井 43 聚类样本列表及式(4)、式(6)得到龙井 43 品种气候品质评价指标,参见表 3 和表 4。

表 3 崂山春茶群体种气候品质评价指标

Table 3 Evaluation indicators for climate quality of Laoshan spring tea population

	特优	优	良好	一般
氨基酸/%	5.43~5.01	4.91~3.92	4.20~3.52	3.50~3.20
酚氨比/%	5.75~7.70	6.50~8.20	8.20~10.20	10.20~11.50
T/℃	12.9~16.0	16.0~19.0	19.0~20.0	20.0~21.5
U/%	50~60	60~65	65~80	80~90
ΔT /℃	6.0~9.0	7.0~9.0	7.0~8.5	5.0~6.0
采茶时段	04-21—05-08	05-09—05-29	05-30—06-08	06-09—06-22
茶芽等级	1	2	3	4

注:氨基酸含量由高到低,酚氨比含量由低到高,下同。气象指标为式(2)、式(5)对应的气象因子, T 为采茶日前 1~19 d 的日平均气温, U 为采茶日前 1~14 d 的平均相对湿度, ΔT 为采茶日前 1~18 d 的气温日较差。

表 4 崂山春茶龙井 43 气候品质评价指标

Table 4 Climate quality evaluation indicators for Laoshan spring tea longjing 43

气候品质评价	特优	优	良好	一般
氨基酸/%	5.11~4.30	5.40~4.21	3.85~3.68	3.60~2.73
酚氨比/%	5.79~6.50	6.50~8.70	8.70~10.60	10.60~12.0
T/°C	12.0~16.0	16.0~19.0	19.0~20.0	20.0~22.0
U/%	55~65	60~65	65~75	75~90
采茶时段	04-12—04-21	04-22—05-22	05-23—06-08	06-09—06-19
茶芽等级	1	2	3	4

注:气象指标为式(4),式(6)对应的气象因子, T 为采茶日前 1~13 d、1~17 d 的日平均气温, U 为采茶日前 1~16 d 的平均相对湿度。

根据连续两年氨基酸、酚氨比检测数据以及氨基酸与酚氨比预报方程,分别建立了崂山春茶两个茶树品种气候品质评价指标。今后可以根据预报方程建立的气象指标预测崂山春茶气候品质等级,开展崂山春茶群体种、龙井 43 气候品质评价与服务。

5 结论与讨论

崂山春茶主要生化成分与采摘日前 1~20 d 逐日平均气象资料经相关分析、回归分析、聚类分析得到以下结论:

(1)相关分析结果表明:两个茶树品种的主要生化成分与采茶日前的相关气象因子基本是一致的,但影响时段存在差异。咖啡碱与日照时数呈正相关,茶多酚与日照时数和气温的日较差呈负相关,氨基酸与日平均气温和平均相对湿度呈负相关,酚氨比与日平均气温和平均相对湿度呈正相关,与气温日较差呈负相关。

(2)回归分析结果表明:咖啡碱建立的方程未通过 0.05 显著性检验。群体种茶多酚含量主要与采茶日前 1~6 d、1~13 d 的气温日较差和 1~13 d 的日照时数相关,平均预报准确率为 88.5%,龙井 43 茶多酚含量主要与 1~16 d、1~17 d 的日照时数相关,平均预报准确率为 88.6%;群体种氨基酸含量主要与采茶日前 1~19 d 逐日平均气温相关,平均准确率为 94.6%,龙井 43 氨基酸含量主要与 1~17 d 的逐日平均气温相关,平均预报准确率为 92.9%;群体种酚氨比与采茶日前 1~14 d 的平均相对湿度、1~18 d 的气温日较差相关,平均预报准确率为 96.4%,龙井 43 酚氨比与采茶日前 1~13 d 的平均气温、1~16 d 的平均相对湿度相关,平均预报准确率为 97.5%。

(3)由聚类分析建立的崂山春茶气候品质评价指标,较好地反映了崂山春茶气候品质等级,通过酚氨比预报方程,可以预报崂山春茶气候品质的不同等级,具有较强的实用性和可操作性,本指标适用于青岛茶区开展春茶气候品质评价与服务,2024 年春季分别对崂山大田春茶和黄岛区海清春茶作了气候品质评价,验证了气象服务指标。

(4)本研究建立的崂山春茶气候品质评价指标与气象行业标准对比分析发现,二者的相同点是日平均气温对春茶的气候品质的影响是一致的。不同点一是日照时数存在明显差异,气象行业标准认为采茶日前 1~15 d 的日照时数对茶叶的气候品质影响显著,而日照时数对崂山春茶的气候品质没有显著性影响。二是平均相对湿度对崂山春茶气候品质的影响相反,气象行业标准认为日平均相对湿度在 80%~90%时茶叶的品质最优,而崂山春茶气候品质最优时平均相对湿度在 55%~65%之间,当日平均相对湿度在 80%~95%时,崂山区正处于 7—8 月为夏茶生长期,崂山茶的气候品质相对较差。究其原因,江南茶区与江北茶区由于茶树的生长期与采摘期均有较大差异、地理纬度、气候条件差异较大,南方茶区适宜的评价指标在北方茶区不一定适用。尽管崂山区濒临黄海,但是每年 4—5 月受季风影响,西北风向日数较多,降水量偏少,空气的平均相对湿度偏低。

本研究采用连续两年的茶叶样本资料数量偏少,且没有考虑气象灾害的影响,今后还要继续增加检测样本,不断完善崂山春茶气候品质评价指标,气候品质分类将更加稳定。

参考文献

[1] 姜伟平,孙科. 浙江茶叶气象[M]. 北京:气象出版社,2013:

- 25-33. Lou W P, Sun K. Zhejiang tea meteorology (in Chinese) [M]. Beijing: China meteorological Press, 2013: 25-33.
- [2] 娄伟平, 吴利红, 孙科, 等. 春季龙井茶叶气候品质认证[J]. 气象科技, 2014, 42(5): 945-950. Lou W P, Wu L H, Sun K, et al. Spring longjing tea climate quality certification [J]. Meteorological Science and Technology (in Chinese), 2014, 42(5): 945-950.
- [3] 金志凤, 王治海, 姚益平. 浙江省茶叶气候品质等级评价[J]. 生态学杂志, 2015, 34(5): 1456-1463. Jin Z F, Wang Z H, Yao Y P. Evaluation of climate quality grades of tea in Zhejiang Province [J]. Chinese Journal of Ecology (in Chinese), 2015, 34(5): 1456-1463.
- [4] 金志凤, 姚益平, 李仁忠, 等. 茶叶气候品质评价: QX/T 411-2017[S]. 2017. Jin Z F, Yao Y P, Li R Z, et al. Evaluation of tea climate quality: QX/T 411-2017 (in Chinese) [S]. 2017.
- [5] 刘瑞娜, 陈金华, 曹雯. 基于气候指数的安徽省茶叶气候品质评价[J]. 生态学杂志, 2019, 38(2): 612-618. Liu R N, Chen J H, Cao W. Climate quality evaluation of tea in Anhui Province based on climate index [J]. Chinese Journal of Ecology (in Chinese), 2019, 38(2): 612-618.
- [6] 陶瑶, 杨爱萍, 林志坚, 等. 气候变暖背景下修水县春茶气候品质等级变化趋势分析[J]. 气象与灾害研究, 2020, 43(3): 221-227. Tao Y, Yang A P, Lin Z J, et al. Trend analysis of climate quality grade changes of spring tea in xiushui county under the background of climate warming [J]. Meteorology and Disaster Research (in Chinese), 2020, 43(3): 221-227.
- [7] 武强, 王旭, 罗慈慈. 巴南银针产区茶叶气候适宜性与气候品质评价[J]. 气象科技, 2021, 49(3): 475-481. Wu Q, Wang X, Luo C C. Evaluation of climate suitability and quality of tea in Banan silver needle production area [J]. Meteorological Science and Technology (in Chinese), 2021, 49(3): 475-481.
- [8] Xu C H, Liang L L, Li Y H, et al. Studies of quality development and major chemical composition of green tea processed from tea with different shoot maturity [J]. Food Science and Technology, 2021, 142: 111065.
- [9] Ran W, Li Q H, Hu X L, et al. Comprehensive analysis of environmental factors on the quality of tea (*Camellia sinensis* var. *sinensis*) fresh leaves [J]. Scientia Horticulturae, 2023, 319: 112177.
- [10] Chen D Q, Ji W B, Granato D, et al. Effects of dynamic extraction conditions on the chemical composition and sensory quality traits of green tea [J]. Food Science and Technology, 2022, 169: 113972.
- [11] Tang Y, Wang F, Zhao X Q, et al. A nondestructive method for determination of green tea quality by hyperspectral imaging [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2023, 123: 100193.
- [12] 谢金花, 黄琴琴, 尚秉琛. 安徽省油菜越冬期低温冻害时空分布特征及风险评估[J]. 气象科技, 2023, 51(2): 287-294.
- Xie J H, Huang Q Q, Shang B C. Spatial and temporal distribution characteristics and risk assessment of low-temperature freezing damage during the overwintering period of rapeseed in Anhui Province [J]. Meteorological Science and Technology (in Chinese), 2023, 51(2): 287-294.
- [13] 林雯, 陈家金, 芦文豪, 等. 莆田文旦柚气候品质认证[J]. 气象科技, 2022, 50(1): 147-154. Lin W, Chen J J, Lu W H, et al. Climate quality certification of Putian wendan pomelo [J]. Meteorological Science and Technology (in Chinese), 2022, 50(1): 147-154.
- [14] 王雨思, 吴凡, 陈国栋, 等. 2011—2019年阿拉尔垦区棉纤维品质变化的关键气候驱动因子分析[J]. 江西农业学报, 2023, 35(5): 109-115. Wang Y S, Wu F, Chen G D, et al. Analysis of key climate driving factors for cotton fiber quality changes in Alar Reclamation area from 2011 to 2019 [J]. Jiangxi Agricultural Journal (in Chinese), 2023, 35(5): 109-115.
- [15] 陈婷, 刘昕露, 王白娟. 高压脉冲电场在云南普洱茶中的应用研究进展[J]. 江西农业学报, 2023, 35(7): 121-126. Chen T, Liu X L, Wang B J. Research progress on the application of high-voltage pulsed electric field in Yunnan pu'er tea [J]. Jiangxi Agricultural Journal (in Chinese), 2023, 35(7): 121-126.
- [16] 黄雄, 林天扬, 黄德华. 2019年柘荣县石山洋茶园春夏季茶叶气候品质分析[J]. 福建热作科技, 2021, 46(2): 24-25, 28. Huang X, Lin T Y, Huang D H. Analysis of climate quality of tea in spring and summer at Shishanyang sea plantation in Zherong county in 2019 [J]. Fujian Hot Work Technology (in Chinese), 2021, 46(2): 24-25, 28.
- [17] 邵步粉, 蒋滔, 林凌, 等. 基于GIS的福建省茉莉花气候适宜性区划与评估[J]. 气象科技, 2022, 50(6): 885-890. Shao B F, Jiang T, Lin L, et al. Climate suitability zoning and evaluation of jasmine flowers in Fujian Province based on GIS [J]. Meteorological Science and Technology (in Chinese), 2022, 50(6): 885-890.
- [18] 曹强, 伍琼, 陈曦, 等. 大别山区茶叶气候生产潜力评估[J]. 气象科技, 2023, 51(2): 295-301. Cao Q, Wu Q, Chen X, et al. Assessment of climate production potential of tea in the Dabie mountains [J]. Meteorological Science and Technology (in Chinese), 2023, 51(2): 295-301.
- [19] 姜星, 刘彬, 江崇焕, 等. 茶叶品鉴 崂山绿茶、红茶和白茶: T/CAS 339-2019[S]. 2019. Jiang X, Liu B, Jiang C H, et al. Tea tasting Laoshan green tea, red tea, and white tea: T/CAS 339-2019(in Chinese)[S]. 2019.
- [20] 庄立伟, 王馥棠, 王石立. 农业气象产量预测业务系统研制[J]. 应用气象学报, 1996, 7(3): 294-299. Zhuang L W, Wang F T, Wang S L. Development of agricultural meteorological yield prediction business system [J]. Journal of Applied Meteorology (in Chinese), 1996, 7(3): 294-299.
- [21] 冯定原. 农业气象预报和情报方法[M]. 北京: 气象出版社,

- 1988; 60-85. Feng D Y. Agricultural meteorological forecasting and information methods (in Chinese) [M]. Beijing: China Meteorological Press 1988; 60-85.
- [22] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法[M]. 北京: 气象出版社, 2004; 44-55. Hang J Y. Meteorological statistical analysis and forecasting methods (in Chinese) [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2004; 44-55.
- [23] Guo Y H, Yang X T, Wang H L, et al. Study on the establishment of quality discrimination model of Longjing 43 green tea (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) [J]. Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants, 2022; 31.
- [24] Wipawee P, Takeshi B, Tsutomu Y, et al. Quality prediction of Japanese green tea using pyrolyzer coupled GC/MS based metabolic fingerprinting [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008, 56(3): 744-50.
- [25] 刘春涛, 魏明明, 郭丽娜. 气象要素对崂山茶茶叶产量影响研究[J]. 中低纬山地气象, 2018, 42(1): 57-60. Liu C T, Wei M M, Guo L N. Study on the impact of meteorological factors on tea production in laoshan mountain [J]. Meteorology of Middle and Low Latitude Mountains (in Chinese), 2018, 42(1): 57-60.
- [26] 赵玉兵, 李武龙, 陈利英, 等. 河北省太行山区核桃萌芽-幼果期温度适宜度模型构建及应用[J]. 气象科技, 2022, 50(1): 155-160. Zhao Y B, Li W L, Chen L Y, et al. Construction and application of temperature suitability model for walnut sprout young fruit stage in Taihang mountain area, Hebei Province [J]. Meteorological Science and Technology (in Chinese), 2022, 50(1): 155-160.
- [27] 孙扬越, 李军, 周涛, 等. 上海市金山区蟠桃气候品质评价模型[J]. 江西农业学报, 2023, 35(8): 62-67. Sun Y Y, Li J, Zhou T, et al. Climate quality evaluation model for peaches in Jinshan district, Shanghai [J]. Jiangxi Agricultural Journal (in Chinese), 2023, 35(8): 62-67.
- [28] 江胜国, 朱一鸣, 秦伟, 等. 应用模糊评判法建立农产品气候品质评价模型[J]. 湖北农业科学, 2022, 61(13): 47-50, 57. Jiang S G, Zhu Y M, Qin W, et al. Establishing a climate quality evaluation model for agricultural products using fuzzy evaluation method [J]. Hubei Agricultural Science (in Chinese), 2022, 61(13): 47-50, 57.
- [29] 张勇, 屈振江, 刘璐, 等. 渭北苹果花期冻害气象指数保险设计[J]. 气象科技, 2023, 51(4): 605-612. Zhang Y, Qu Z J, Liu L, et al. Design of meteorological index insurance for freezing damage during apple flowering period in Weibei [J]. Meteorological Science and Technology (in Chinese), 2023, 51(4): 605-612.
- [30] 姜江, 叶彩华, 刘美德, 等. 北京地区蚊虫密度变化气象预报方法研究[J]. 气象科技, 2022, 50(4): 584-593. Jiang J, Yie C H, Liu M D, et al. Study on meteorological forecasting methods for mosquito density changes in Beijing [J]. Meteorological Science and Technology (in Chinese), 2022, 50(4): 584-593.
- [31] 于怀征, 龚佃利, 朱秀红, 等. 山东冰雹时空分布特征与分类预报指标研究[J]. 气象科技, 2023, 51(2): 254-261. Yu H Z, Gong D L, Zhu X H, et al. Study on the spatiotemporal distribution characteristics and classification forecast indicators of hail in Shandong Province [J]. Meteorological Science and Technology (in Chinese), 2023, 51(2): 254-261.

Research on Evaluation Method of Climate Quality of Laoshan Spring Tea

LIU Chuntao¹ XUE Xiaoping² ZHU Junhan¹ XIANG Yingshuo³

(1 Laoshan District Meteorological Bureau, Shandong, Qingdao 266100; 2 Shandong Provincial Climate Center, Jinan 250031;
3 Ocean University of China, Shandong, Qingdao 266100)

Abstract: Based on the field experiment method of agricultural meteorology, two main cultivars: Laoshan Datian spring tea population and Longjing 43, are selected for research. Using two consecutive years of observations from 2022–2023, 17 test samples and 68 replicates are collected for Laoshan Datian spring tea population and Longjing 43 to detect their biochemical components such as caffeine, amino acids, tea polyphenols, and phenol ammonia ratio. We establish the climate evaluation indicators for Laoshan spring tea by conducting correlation analysis and regression analysis of each biochemical component with the daily average meteorological data of temperature, sunshine, and relative humidity of 1–20 days before tea picking. The results show that: (1) There is a significant correlation between caffeine, amino acids, tea polyphenols, and phenol ammonia ratio of the two varieties of Laoshan spring tea and meteorological factors of 1–20 days before tea picking. The correlations pass the 0.05 and 0.01 significance tests, respectively. The main meteorological factors affecting the different biochemical components are basically constant; however, different meteorological factors have different primary times of action. (2) We establish an optimal regression model for tea polyphenols, amino acids, phenol ammonia ratio, and meteorological factors. The results of the forecasting equations show that: the average prediction accuracies of polyphenols, amino acids, and phenol ammonia ratio of tea from Laoshan Datian spring tea population are 88.5%, 94.6% and 96.4%, respectively; and those of polyphenols, amino acids, and phenol ammonia ratio of Longjing 43 are 88.6%, 92.9% and 97.5%, respectively. (3) We further establish the climate evaluation indicators for Laoshan spring tea: by conducting the K-means clustering analysis on phenol ammonia ratio and amino acid samples, four grades of Laoshan spring tea have been classified. Climate quality evaluation indicators for Laoshan spring tea are established based on the corresponding phenol ammonia ratio meteorological indicators for each grade. Combined with the forecasting equation of Laoshan Datian spring tea population and Longjing 43, we can determine the different levels of climate quality of Laoshan tea by predicting the threshold of phenol ammonia ratio. The purpose of this study is to provide technical support for the evaluation of spring tea climate quality in Laoshan, which is very important and highly practical. At the same time, it is aimed at the Laoshan tea industry, which is conducive to improving the competitiveness and adding value of spring tea. This helps to contribute to rural revitalisation.

Keywords: spring tea; climate quality; related analysis; regression analysis; K-means clustering analysis

Received: 2023-11-28 Accepted: 2024-10-9

© Editorial Office of *Meteorological Science and Technology* (CC BY-NC-ND 4.0)