

基于灰色关联度分析对不同产区草果的质量评价

廖方平¹, 和雨秋¹, 查云盛¹, 周继兰¹, 周怀焯¹, 何江斌¹, 和秀丽¹, 练强^{2*}, 吴莲张¹

(1. 怒江傈僳族自治州草果产业创新发展中心, 云南泸水 673199; 2. 云南农业大学, 昆明 650000)

[摘要]为筛选优质草果产区, 本研究采集全球9个主要草果产区的31份样品, 测定其果实大小(纵径、横径、单果重)和挥发油含量等关键品质指标, 结合灰色关联度分析法对不同产区的草果进行综合质量评价。结果表明: 怒江州泸水市、福贡县和缅甸产区的草果质量评价值较高, 分别为0.740 4、0.710 0和0.691 3, 最接近理想品质; 贡山县(0.691 0)和腾冲市(0.682 5)的次之; 越南产区的质量评价值最低(0.606 7); 整体而言, 北部的滇西及缅甸产区草果质量显著优于南部的滇东南和越南产区。研究结果可为草果品质评价、市场定价与产区优选提供参考依据。

[关键词]草果; 质量评价; 灰色关联度分析

中图分类号: S567.239 文献标识码: A 文章编号: 1672-450X(2026)01-0027-07

Quality Evaluation of *Amomum tsao-ko* in Different Producing Areas Based on Grey Correlation Analysis

LIAO Fangping¹, HE Yuqiu¹, CHA Yunsheng¹, ZHOU Jilan¹, ZHOU Huaiye¹, HE Jiangbin¹, HE Xiuli¹, LIAN Qiang^{2*}, WU Lianzhang¹

1. Nujiang Lisu Autonomous Prefecture Amomum tsao-ko Industry Innovation and Development Center, Lushui 673199, China;

2. Yunnan Agricultural University, Kunming 650000, China

Abstract: In order to screen high-quality *Amomum tsao-ko* producing areas, 31 *Amomum tsao-ko* samples from 9 major producing areas in the world were collected in this study. The key quality indexes such as fruit size (vertical diameter, horizontal diameter, single fruit weight) and volatile oil content were determined, and the comprehensive quality of *Amomum tsao-ko* in different producing areas was evaluated by grey correlation analysis. The results showed that the quality evaluation values of *Amomum tsao-ko* in Lushui City, Fugong County and Myanmar were 0.740 4, 0.710 0 and 0.691 3, respectively, which were the closest to the ideal traits. Gongshan County (0.691 0) and Tengchong City (0.682 5) followed; the quality evaluation value of Vietnam was the lowest (0.606 7). On the whole, the quality of *Amomum tsao-ko* in western Yunnan and Myanmar in the north was significantly better than that in southeastern Yunnan and Vietnam in the south. This study can provide a reference for quality evaluation, market pricing and production area optimization of *Amomum tsao-ko*.

Key words: *Amomum tsao-ko*; quality evaluation; grey correlation analysis

草果(*Amomum tsao-ko* Crevost et Lemarie)为姜科豆蔻属多年生植物, 其果实具有药食两用价值^[1], 广泛应用于食品调味、中药配方及香料工业。干燥成熟果实所富含的挥发油, 不仅是草果独特香气的来源^[2], 更是抗菌、抗炎等药理作用的关键物质基础^[3]。草果生长对温度、湿度、郁

闭度及海拔等环境条件要求严格^[4-5], 适生区域有限, 全球主产区集中于中国云南西部和东南部、越南北部及缅甸克钦邦的局部山区。据统计, 云南省草果种植面积达14.67万hm²^[6], 年产干果1.5万t左右, 产量约占全球80%以上。其中: 怒江州(泸水市、福贡县、贡山县)为全球草果核

收稿日期: 2025-07-10

基金项目: 云南省重大科技专项计划(202202AE090035); 怒江州“兴谷英才支持计划”创新团队专项

作者简介: 廖方平(1995—), 男, 助理农艺师, 研究方向为草果产业发展研究与技术推广。E-mail: 1040471613@qq.com

*通信作者: 练强(1967—), 男, 助理研究员, 研究方向为香料加工技术的研究与推广。E-mail: 307540429@qq.com

心产区,种植面积达7.43万hm²[7];其次种植面积较大的是德宏州盈江县和保山腾冲市,分别占云南省草果种植面积的8.0%和5.4%左右[8-9];而草果原主产区红河州、文山州因气候灾害及植株老化等问题[10-11],种植面积逐年缩减。此外,越南和缅甸产区分别占全球产量的10%左右。

市场调研显示,草果果实大小与挥发油含量是决定其经济价值的关键指标,前者直接影响市场价格,后者则是评价其产品品质、香味浓度及药用功效的重要指标[12]。尽管已有研究报道不同产地草果的理化特性有所差异[13-15],但针对全球草果主产区的草果质量综合评价鲜见报道。灰色关联度分析法根据各因素变化曲线几何形状的相似程度来判断因素之间关联度,适用于多指标综合评价,可以较全面和真实地反映综合因素的变化状况,现已广泛应用于农业领域的品质评价与优种筛选[16-19]。本研究通过检测9个主产

区草果的果实大小与挥发油含量,结合灰色关联度分析对不同产区草果品质进行量化排序,旨在为大众消费者、香料采购商、加工企业等提供品质参考,并为草果市场定价、精深加工利用及产区优化布局提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 样品

2024年12月初,于云南省泸水市、福贡县、贡山县、腾冲市、盈江县、金平县、马关县以及越南和缅甸共9个具有代表性的草果产区的不同地点,采集当年成熟后干燥加工的草果果实样品,共采集31份草果样品,每份样品5.0 kg。采样遵循地理分布均衡原则,确保样点空间分布合理,以增强样本的地理代表性,样品信息见表1。

表1 样品信息

序号	样品编号	地区	序号	样品编号	地区
X ₁	CG2024001	云南省怒江州泸水市	X ₁₇	CG2024017	云南省保山市腾冲市
X ₂	CG2024002	云南省怒江州福贡县	X ₁₈	CG2024018	云南省保山市腾冲市
X ₃	CG2024003	云南省怒江州泸水市	X ₁₉	CG2024019	云南省德宏州盈江县
X ₄	CG2024004	云南省怒江州泸水市	X ₂₀	CG2024020	云南省德宏州盈江县
X ₅	CG2024005	云南省怒江州泸水市	X ₂₁	CG2024021	云南省德宏州盈江县
X ₆	CG2024006	云南省怒江州贡山县	X ₂₂	CG2024022	云南省红河州金平县
X ₇	CG2024007	云南省怒江州贡山县	X ₂₃	CG2024023	云南省红河州金平县
X ₈	CG2024008	云南省怒江州福贡县	X ₂₄	CG2024024	云南省红河州金平县
X ₉	CG2024009	云南省怒江州泸水市	X ₂₅	CG2024025	云南省文山州马关县
X ₁₀	CG2024010	云南省怒江州贡山县	X ₂₆	CG2024026	云南省文山州马关县
X ₁₁	CG2024011	云南省怒江州福贡县	X ₂₇	CG2024027	云南省文山州马关县
X ₁₂	CG2024012	云南省怒江州泸水市	X ₂₈	CG2024028	缅甸克钦邦密支那县
X ₁₃	CG2024013	云南省怒江州泸水市	X ₂₉	CG2024029	缅甸克钦邦葡萄县
X ₁₄	CG2024014	云南省怒江州福贡县	X ₃₀	CG2024030	越南莱州省
X ₁₅	CG2024015	云南省怒江州贡山县	X ₃₁	CG2024031	越南老街省
X ₁₆	CG2024016	云南省保山市腾冲市			

1.1.2 仪器与设备

DW-2调温电热器,南通市长江光学仪器有限公司;LE204E电子天平,瑞士梅特勒-托利多公司;游标卡尺。

1.2 评价指标及方法

1.2.1 果实大小

果实横径测量:每样品中随机抽取9个单果,

用游标卡尺测量最粗横切面的直径距离(精确至1 mm),即为果实横径。测定结果取9次测量的果实横径平均值。

果实纵径测量:每份样品中随机抽取9个单果,用游标卡尺测量果蒂根部至果顶的距离(精确至1 mm),即为果实纵径。测定结果取9次测量的果实纵径平均值。

1.2.2 单果重

每份样品中随机取9个单果,用电子天平称重,称量结果保留小数点后1位,测定结果以9次称取单果重的平均值表示。

1.2.3 挥发油含量

草果样品挥发油含量的检测方法参照《香辛料和调味品挥发油含量的测定》GB/T 30385—2013。将草果样品粉碎过药典2号筛(孔径0.85 mm),称取40.0 g草果粉样品,装入1 000 mL挥发油提取器中,加入400 mL纯水,用恒温电热套持续加热提取4 h,收集挥发油,每个样品重复测定3次取平均值表示。

1.3 数据分析处理

利用Microsoft Excel 2021 软件进行数据整理和灰色关联度分析。根据邓聚龙教授的灰色系统理论^[20],将31份草果样品的挥发油含量、单果重、果实横径和纵径视为一个灰色系统,并将31份草果样品各评价指标中的最大值做为理想品质指标设为参考序列 X_0 ,将31份草果样品的评价指标数据作为比较序列 X_i ($i=1,2,3,\dots,31$),计算步骤如下:

采用均值化法对表2原始数据进行无量纲化处理,根据公式(1)(式中 k 为评价指标)计算:

$$X'_i = X_i(k) / \bar{X}_i(k) \quad (1)$$

利用公式(2)计算绝对差值:

$$\Delta_i(k) = |X'_i(k) - X'_0(k)| \quad (2)$$

根据公式(3)计算关联系数 $\xi_i(k)$:

$$\xi_i(k) = \frac{\min_i \min_k \Delta_i(k) + \rho \times \max_i \max_k \Delta_i(k)}{\Delta_i(k) + \rho \times \max_i \max_k \Delta_i(k)} \quad (3)$$

其中 ρ 为分辨系数, $0 < \rho < 1$,本文中 ρ 取0.5。

根据公式(4)(式中 n 为评价指标数)计算关联度 λ_i :

$$\lambda_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \xi_i(k) \quad (4)$$

2 结果与分析

2.1 评价指标测定结果

从表2的数据可以看出,31个样品的单果重

为2.73~4.48 g,平均值为3.38 g;果实横径16.81~20.70 mm,平均值为19.02 mm;纵径为25.02~33.34 mm,平均值为29.36 mm;挥发油含量1.41~3.54 mL/100 g,平均值为2.49 mL/100 g。

表2 草果评价指标测定结果

序号	单果重/ g	横径/ mm	纵径/ mm	挥发油含量/ (mL · 100 g ⁻¹)
X_1	4.48	20.44	28.98	2.40
X_2	3.44	19.62	28.08	2.98
X_3	4.05	20.69	32.66	2.23
X_4	3.35	19.89	28.84	2.98
X_5	3.93	20.54	33.34	2.73
X_6	3.48	19.75	27.95	2.00
X_7	3.00	19.09	26.43	2.57
X_8	3.74	19.40	26.97	2.82
X_9	3.03	17.95	25.02	2.73
X_{10}	3.44	18.60	30.25	3.54
X_{11}	3.84	18.78	31.72	2.80
X_{12}	3.39	19.13	30.27	2.57
X_{13}	3.57	19.86	30.59	3.15
X_{14}	3.30	19.04	29.35	2.90
X_{15}	3.44	19.84	29.93	2.51
X_{16}	3.40	20.70	27.38	1.85
X_{17}	2.88	18.44	28.25	2.73
X_{18}	3.97	19.64	29.06	2.93
X_{19}	3.25	18.52	30.91	2.68
X_{20}	3.20	18.11	28.66	2.20
X_{21}	2.89	17.68	29.13	2.81
X_{22}	3.74	19.64	29.78	1.41
X_{23}	3.40	19.39	27.69	1.86
X_{24}	3.11	18.79	28.85	2.48
X_{25}	2.84	18.74	29.74	1.86
X_{26}	3.10	17.80	31.31	1.49
X_{27}	2.90	16.81	27.95	2.82
X_{28}	3.80	19.53	32.77	2.81
X_{29}	3.24	17.99	28.34	2.07
X_{30}	2.93	17.68	31.86	2.52
X_{31}	2.73	17.42	28.11	1.65
X_0	4.48	20.70	33.34	3.54
均值	3.38	19.02	29.36	2.49

2.2 灰色关联度分析

2.2.1 原始数据的无量纲化处理

在进行灰色关联度分析时,由于系统中各评价指标的单位和物理意义不同,导致数据的量纲也不相同,为便于比较并得出正确的结论,根据公式(1)对表2数据进行无量纲化的处理,得到

一个新数列 X'_i (表3)。

表3 原始数据无量纲化处理

序号	单果重	横径	纵径	挥发油含量
X'_1	1.33	1.07	0.99	0.97
X'_2	1.02	1.03	0.96	1.20
X'_3	1.20	1.09	1.11	0.90
X'_4	0.99	1.05	0.98	1.20
X'_5	1.16	1.08	1.14	1.10
X'_6	1.03	1.04	0.95	0.81
X'_7	0.89	1.00	0.90	1.03
X'_8	1.11	1.02	0.92	1.13
X'_9	0.90	0.94	0.85	1.10
X'_{10}	1.02	0.98	1.03	1.42
X'_{11}	1.13	0.99	1.08	1.13
X'_{12}	1.00	1.01	1.03	1.03
X'_{13}	1.06	1.04	1.04	1.27
X'_{14}	0.98	1.00	1.00	1.17
X'_{15}	1.02	1.04	1.02	1.01
X'_{16}	1.01	1.09	0.93	0.75
X'_{17}	0.85	0.97	0.96	1.10
X'_{18}	1.17	1.03	0.99	1.18
X'_{19}	0.96	0.97	1.05	1.08
X'_{20}	0.95	0.95	0.98	0.88
X'_{21}	0.85	0.93	0.99	1.13
X'_{22}	1.11	1.03	1.01	0.57
X'_{23}	1.01	1.02	0.94	0.75
X'_{24}	0.92	0.99	0.98	1.00
X'_{25}	0.84	0.99	1.01	0.75
X'_{26}	0.92	0.94	1.07	0.60
X'_{27}	0.86	0.88	0.95	1.13
X'_{28}	1.12	1.03	1.12	1.13
X'_{29}	0.96	0.95	0.97	0.83
X'_{30}	0.87	0.93	1.08	1.01
X'_{31}	0.81	0.92	0.96	0.66
X'_0	1.33	1.09	1.14	1.42

表4 评价指标的绝对差值

序号	单果重	横径	纵径	挥发油含量
Δ_1	0.00	0.01	0.15	0.46
Δ_2	0.31	0.06	0.18	0.22
Δ_3	0.13	0.00	0.02	0.53
Δ_4	0.33	0.04	0.15	0.23
Δ_5	0.16	0.01	0.00	0.32
Δ_6	0.30	0.05	0.18	0.62
Δ_7	0.44	0.08	0.24	0.39
Δ_8	0.22	0.07	0.22	0.29
Δ_9	0.43	0.14	0.28	0.33
Δ_{10}	0.31	0.11	0.11	0.00
Δ_{11}	0.19	0.10	0.06	0.30
Δ_{12}	0.32	0.08	0.10	0.39
Δ_{13}	0.27	0.04	0.09	0.16
Δ_{14}	0.35	0.09	0.14	0.26
Δ_{15}	0.31	0.05	0.12	0.42
Δ_{16}	0.32	0.00	0.20	0.68
Δ_{17}	0.47	0.12	0.17	0.33
Δ_{18}	0.15	0.06	0.15	0.25
Δ_{19}	0.37	0.11	0.08	0.35
Δ_{20}	0.38	0.14	0.16	0.54
Δ_{21}	0.47	0.16	0.14	0.29
Δ_{22}	0.22	0.06	0.12	0.86
Δ_{23}	0.32	0.07	0.19	0.68
Δ_{24}	0.41	0.10	0.15	0.43
Δ_{25}	0.49	0.10	0.12	0.68
Δ_{26}	0.41	0.15	0.07	0.83
Δ_{27}	0.47	0.20	0.18	0.29
Δ_{28}	0.20	0.06	0.02	0.29
Δ_{29}	0.37	0.14	0.17	0.59
Δ_{30}	0.46	0.16	0.05	0.41
Δ_{31}	0.52	0.17	0.18	0.76
MAX	0.52	0.20	0.28	0.86
MIN	0.00	0.00	0.00	0.00

2.2.2 绝对差值的计算

利用公式(2)对无量纲化后的数据进行处理,得到各评价指标数据的绝对差值数列 Δ_i (表4),并确定绝对差值 $\Delta_i(k)$ 的最小差值 $\min_i \min_k \Delta_i(k)$ 为0,最大差值 $\max_i \max_k \Delta_i(k)$ 为0.86。

2.2.3 关联系数、关联度的计算

将 Δ_i 代入公式(3)进行计算,得到31份苹果样品与参考序列的关联系数 $\xi(k)$,根据公式(4)计算得到31份苹果样品与参考序列的关联度 λ_i 。结果见表5。

2.2.4 不同产区苹果的质量评价

表5结果表明,31份苹果样品与本文设定的参考系列的关联度在0.558 4~0.818 9,平均值为0.681 7。有14个样品关联度超过平均值,主要来自泸水市(5个)、福贡县(4个)、贡山县(2个)、腾冲市(1个)和缅甸(1个)。根据表5结果计算各产地的关联度平均值,即为不同产区的苹果品质评价值,如图1所示。9个产地的苹果品质评价值在0.606 7~0.740 4,其中:泸水市(0.740 4)、福贡县(0.710 0)和缅甸(0.691 3)的评价值较高,最接近理想苹果品质,表明这些产地的苹果品质较好且稳定;贡山县(0.691 0)和腾冲市(0.682 5)的

评价价值次之,草果品质居中;越南(0.606 7)、马关县(0.612 3)和金平县(0.644 5)3个产区的评价价值较低,草果品质总体较差。整体而言,北部的滇西及缅甸产区草果品质显著优于南部的滇东南和越南产区。

表5 草果品质与性状的关联系数、关联度及排名

序号	关联系数				关联度 (λ_i)	排名
	单果重	横径	纵径	挥发油含量		
ξ_1	1.00	0.97	0.74	0.48	0.798 9	2
ξ_2	0.58	0.88	0.71	0.66	0.707 1	10
ξ_3	0.77	1.00	0.95	0.45	0.792 0	4
ξ_4	0.56	0.91	0.74	0.65	0.715 8	9
ξ_5	0.73	0.98	1.00	0.57	0.818 9	1
ξ_6	0.59	0.90	0.70	0.41	0.649 1	19
ξ_7	0.49	0.84	0.65	0.52	0.624 6	24
ξ_8	0.66	0.86	0.66	0.60	0.696 2	11
ξ_9	0.50	0.75	0.60	0.57	0.604 6	30
ξ_{10}	0.58	0.80	0.80	1.00	0.795 1	3
ξ_{11}	0.69	0.81	0.89	0.59	0.744 8	8
ξ_{12}	0.57	0.84	0.80	0.52	0.684 2	14
ξ_{13}	0.61	0.91	0.82	0.73	0.768 4	6
ξ_{14}	0.55	0.83	0.76	0.62	0.691 8	13
ξ_{15}	0.58	0.90	0.79	0.51	0.695 3	12
ξ_{16}	0.57	1.00	0.68	0.39	0.659 9	17
ξ_{17}	0.48	0.78	0.71	0.57	0.635 0	22
ξ_{18}	0.74	0.89	0.75	0.63	0.751 3	7
ξ_{19}	0.54	0.79	0.84	0.55	0.680 4	15
ξ_{20}	0.53	0.76	0.73	0.44	0.615 4	25
ξ_{21}	0.48	0.73	0.75	0.59	0.637 6	21
ξ_{22}	0.66	0.89	0.78	0.33	0.665 2	16
ξ_{23}	0.57	0.86	0.69	0.39	0.628 4	23
ξ_{24}	0.51	0.81	0.74	0.50	0.641 0	20
ξ_{25}	0.47	0.81	0.78	0.39	0.610 4	28
ξ_{26}	0.51	0.74	0.86	0.34	0.613 4	26
ξ_{27}	0.48	0.68	0.70	0.60	0.613 3	27
ξ_{28}	0.68	0.87	0.96	0.59	0.776 1	5
ξ_{29}	0.54	0.75	0.72	0.42	0.606 6	29
ξ_{30}	0.48	0.73	0.89	0.51	0.655 0	18
ξ_{31}	0.45	0.71	0.71	0.36	0.558 4	31

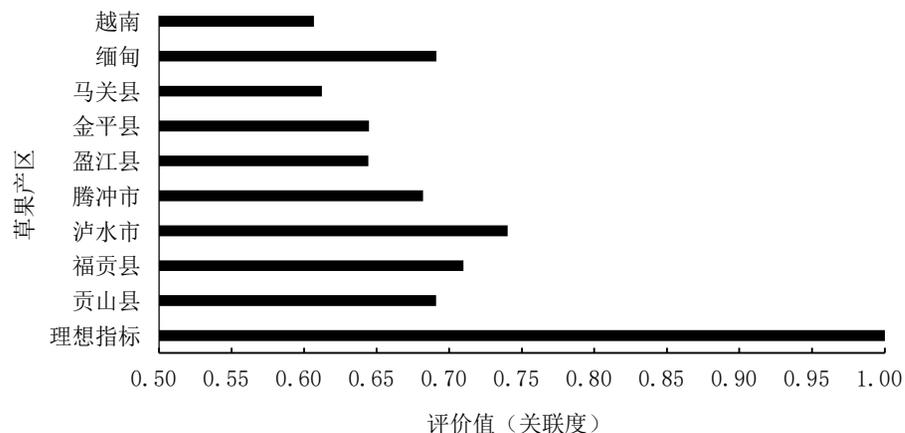


图1 不同产区草果的质量评价

3 讨论和结论

本研究通过灰色关联度分析法对全球9个主要产区的草果质量进行综合评价,结果表明,纬度较高的滇西及缅甸产区草果品质显著优于北回归线附近的滇东南和越南产区。具体而言,怒江州泸水市、福贡县及缅甸产区的草果质量评价价值较高,越南与马关县、金平县的草果质量评价价值较低。这一结果可能与这些产区的独特地理环境和气候条件密切相关。滇西及缅甸产区主要位于高黎贡山地区,相对其他草果产区,具有较高的纬度和海拔,年平均气温适宜,昼夜温差较大,且降水充沛^[21],土壤有机质含量高,这些条件可能有利于草果的生长和次生代谢产物的积累,尤其是挥发油的合成^[22]。且怒江州和缅甸的草果种植历史相对较短,主要从21世纪初开始大面积发展种植,而越南、马关县等地作为草果栽培起源地理中心^[23],种植历史悠久,可能存在植株老化、连作障碍,进而导致草果生长不良、病虫害严重^[24-25]、产量下降等问题。近年来因极端气候频发,草果种植受自然灾害较严重^[11],同时种植草果经济效益低,农户疏于管理,也是导致草果品质逐年下降的重要原因。越南产区与马关县产区的草果挥发油含量均值在9个主产区中位列第8与第7位,果实横径与单果重两项指标的平均值分别居于第9位与第8位,表明这两个产区的草果在挥发油含量与果实大小指标在所有主产区中表现相对较差。市场调研发现,越南草果由于个体普遍较小,其市场价格较国内同类产品低1元/kg左右,这与其品质较差的特征相符,也与本研究结论相互印证。

本研究评价了全球主要产区草果的质量差异,建立了基于果实大小和挥发油含量的综合质量评价方法。结果表明,滇西及缅甸产区的草果品质显著优于其他产区,尤其是泸水市、福贡县和缅甸产区的草果综合品质表现最为优异,与友胜军等的研究结论相似^[14]。本研究结果可为草果产业发展和规划提供参考,有助于完善草果市场定价机制,促进草果产业的高质量发展。同时建议草果产业相关部门建立基于科学指标的质

量评价体系,完善分等分级标准,保障优质草果的市场价值,推动产业健康发展。未来研究则可进一步探讨栽培措施对草果品质的影响,以为优质草果生产提供技术支撑。

参考文献:

- [1] 谷雨薇,陈思懿,吴松昊,等. 药食同源草果抗微生物活性研究进展[J]. 食品与发酵科技,2024,60(3):86-91.
- [2] 徐士琪,白佳伟,杨文熙,等. 干草果中的关键香气成分分析[J]. 精细化工,2019,36(9):1857-1862,1873.
- [3] 梁森,张祉敏,吴雅健,等. 辛香料草果的研究及精油应用进展[J]. 食品工业科技,2023,44(2):427-435.
- [4] 覃文流,蓝祖裁,李万成. 草果繁殖栽培技术[J]. 大众科技,2008(7):131-132.
- [5] 李秀君. 不同郁闭度·雪灾·干旱对草果成活率的影响[J]. 安徽农业科学,2015,43(16):88-89.
- [6] 云南省林业和草原局. 云南省“十四五”林下中药材产业规划[EB/OL]. 2022-01-07. https://lcyj.yn.gov.cn/html/2022/fazhanguihua_0107/65062.html.
- [7] 宋启道,何思翀,阿普前,等. 怒江州草果产业发展思考和探讨[J/OL]. 热带农业科学,2023-07-24. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1038.S.20230721.1513.002.html>.
- [8] 高燕,匡钰,白燕冰,等. 德宏草果产业调查分析及建议[J]. 热带农业科技,2025,48(2):55-59.
- [9] 杨丽云,陈骏飞,侯志江,等. 云南腾冲市药用植物资源调查与分析[J]. 中国野生植物资源,2022,41(11):84-92.
- [10] 李朝志. 文山草果常见病虫害防治措施[J]. 现代园艺,2020(6):39-40.
- [11] 刘凤玲. 红河州林下草果种植发展现状及建议[J]. 现代园艺,2015(8):17-18.
- [12] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:中国医药科技出版社,2020:249-250.
- [13] 谷凤林,张林辉,房一明,等. 云南不同地区草果物理性状、精油含量及组成分析[J]. 热带作物学报,2018,39(7):1440-1446.
- [14] 友胜军,张映萍,秦晓威,等. 不同产地草果理化特性及游离氨基酸组分分析[J]. 热带农业科学,2024,44(6):35-42.
- [15] 杨青,茹瑞红,杨羚钰,等. 不同产地草果挥发油成分的比较分析[J]. 热带农业科学,2022,42(10):99-102.
- [16] 温倪婷,杨昌贵,周涛,等. 不同产地鱼腥草药材质量的综合评价[J]. 中国药房,2024,35(4):425-429.
- [17] 崔阳,米文娟,李阳,等. 基于灰色关联度分析砂仁传统性状鉴别特征与内在成分含量的相关性研究[J]. 中华

- 中医药杂志,2024,39(6):3036-3043.
- [18] 李红艳,杨忠慧,李绍祥,等. 云南省田麦新品系主要农艺性状与产量的相关性和灰色关联度分析[J]. 南方农业学报,2023,54(4):1077-1085.
- [19] 逯涛,曾庆涛,张文,等. 主成分分析及灰色关联度分析综合评价棉花产量与品质[J]. 新疆农业科学,2023,60(5):1099-1109.
- [20] 邓聚龙. 灰色系统理论教程[M]. 武汉:华中理工大学出版社,1990.
- [21] 袁利平,汪靖,张万诚,等. 怒江州“桃花汛”小时降水时空变化特征研究[J]. 山地气象学报,2024,48(3):56-63.
- [22] 刘小莉,和俊才,赵小丽,等. 土壤对草果产量和药材品质的影响[J]. 时珍国医国药,2023,34(8):1980-1983.
- [23] 李国栋,田星,赵小丽,等. 基于SSR分子标记的草果栽培起源分析[J]. 热带亚热带植物学报,2021,29(6):660-668.
- [24] 泽桑梓,胡光辉,刘永国,等. 草果栽培方式与萎蔫病的发生关系的研究[J]. 西部林业科学,2010,39(1):90-93.
- [25] 杨青,陈达菊,杨羚钰,等. 云南省草果产业发展现状及对策[J]. 现代农业科技,2020(1):245-247.