

草果两型植株不同配比的农艺表型性状及果实品质调查分析

高鹏慧,廖方平,黄 梅,张映萍,吴莲张,和俊才,杨 毅*
(怒江傈僳族自治州草果产业创新发展中心,云南泸水 673299)

[摘要]为明确林下草果最优群体配置结构,探究花型A型(下垂型植株)、B型(上举型植株)植株配比对其农艺表型性状及果实品质的影响,对云南怒江州8块草果自然配比样地开展调查研究。结果表明:不同株型配比呈现差异化生产优势,其中A:B=0.88配比适宜高产栽培,A:B=1.50配比适配药用优质栽培,A:B=1.05配比更适合非食用资源化开发利用。聚类分析可将不同配比群体划分为性状稳定、优势特征各异的3个类群。不同植株配比存在草果营养与生殖生长资源权衡分配,该结果可为草果林下定向栽培提供技术参考。

[关键词]草果;上举型/下垂型植株;农艺表型性状;聚类分析

中图分类号:S573.9 文献标识码:A 文章编号:1672-450X(2026)04-0035-07

Investigation and Analysis of Agronomic Phenotypic Traits and Fruit Quality of *Amomum tsao-ko* Plants with Two Plant-type Ratios

GAO Penghui, LIAO Fangping, HUANG Mei, Zhang Yingping, WU Lianzhang, HE Juncai, YANG Yi*
Nujiang Prefecture Cardamom Industry Innovation and Development Center, Lushui 673299, China

Abstract: To clarify the optimal population allocation pattern of under-forest-grown *Amomum tsao-ko*, and explore the effects of the planting-ratio of Type-A (pendent-type plants) and Type-B (erect-type plants) on agronomic-phenotypic traits and fruit quality, this study investigated eight natural-ratio sampling plots of *A. tsao-ko* in Nujiang Prefecture, Yunnan Province. The results demonstrated that plant-type ratios delivered differentiated production advantages. The ratio A:B = 0.88 was suitable for high-yield cultivation; the balanced ratio A:B = 1.50 applied to high-quality medicinal cultivation; and A:B = 1.05 was more desirable for non-edible resource-oriented exploitation. Based on cluster analysis, populations under different ratios were classified into three groups with stable traits and distinct superior characteristics. Different plant-type ratios trigger resource trade-off allocation between vegetative and reproductive growth in *A. tsao-ko*. This finding can provide technical references for targeted under-forest cultivation of *A. tsao-ko*.

Key words: *Amomum tsao-ko*; erect-type and pendulous-type plants; agronomic phenotypic traits; cluster analysis

草果(*Amomum tsao-ko* Crevost et Lemarie)为姜科多年生药食同源经济作物,兼具食用香料与中药材双重价值^[1]。草果果实是烹饪常用去腥增香原料,种仁亦可入药,现代研究证实其提取物具有抗菌、抗肿瘤、调血糖等多种生物活性^[2]。草果具有花柱卷曲性繁育机制,自然种群内分化

形成下垂型与上举型两种植株,二者花柱卷曲运动节律互补,构成促进异交的繁育系统,能避免自交衰退,形成农艺性状遗传多样性^[3-4]。草果产业是云南怒江林下经济与乡村振兴核心支柱产业,当地农户随机混植下垂型与上举型植株,缺乏规范化配比,田间配置紊乱引发冠层结构不

收稿日期:2026-04-01

基金项目:云南省重大科技专项计划(202202AE090035);云南省郝朝运专家工作站(202205AF150050);

怒江州“兴谷英才支持计划”创新团队专项

作者简介:高鹏慧(1996—),女,农艺师,研究方向为农业技术推广。E-mail:1421991434@qq.com

*通信作者:杨毅(1970—),男,正高级农艺师,研究方向为农学。E-mail:779454259@qq.com

均、种内竞争加剧,导致产区草果品质参差不齐,制约产业提质增效。

现有研究明确了草果异型株分化、异交繁育基础特征,但未结合下垂型/上举型配比开展栽培试验,缺少适配多元化经营目标的株型配置技术依据。此外,草果相关研究多聚焦深加工、品质测定、市场开发及栽培技术优化等应用层面^[5-9],针对株型配比、群体结构调控等方面研究仍较为薄弱,无法支撑草果群体结构优化与精准栽培技术升级。本研究以云南怒江州泸水、福贡、贡山林下草果自然居群为材料,通过测定不同株型配比群体的农艺性状、产量及品质指标并开展统计分析,旨在揭示株型比对草果农艺性状及品质的影响筛选最优株型配比,为草果优质栽培提供理论与技术参考。

1 材料和方法

1.1 样地概况

试验观测点设于云南省怒江州贡山县、福贡县、泸水市,筛选立地条件基本一致的样区作为试验地。样地草果种植年限 14 ~ 30 a,为海拔 1 200 ~ 2 500 m、郁闭度 60% ~ 70%、土壤 pH 6.0 ~ 6.5 的微酸性沙壤土区域^[10]。

1.2 调查方法

以种植年限约 15 a 以上、长势健壮、无病虫害且花型表型差异显著的草果群体为试验材料,共设置 8 块样地,针对自然林下原生草果居群开展调查,各样地生境、树龄与栽培模式均为自然固有条件,选取的 8 块样地覆盖研究区不同花型草果典型种群,可满足自然群体表型调查的试验要求。同时调查海拔、经纬度、郁闭度、遮阴植被、土壤类型、水肥条件、种植年限等立地环境参数(表 1)。

表 1 怒江州不同观测点草果种植基本情况调查统计表

编号	地点	海拔/m	经纬度	A : B	产量/ kg	种植 年限/a	遮阴 植物	郁闭度/ %	土壤 类型	水肥条件
NJ1	泸水市鲁掌镇 三河村古碳河阴山	1 800	99.26° E 26.57° N	2.00	325.5	30	旱冬瓜	70	沙壤土	较优
NJ2	福贡县鹿马登乡 亚坪村马蜂窝(左)	1 914	99.43° E 27.20° N	1.39	62.0	14	旱冬瓜	50	沙壤土	差
NJ3	贡山县普拉底乡 其达村余高林草果地	1 537	99.24° E 28.04° N	1.05	50.0	16	旱冬瓜	60	沙壤土	较优
NJ4	福贡县鹿马登乡 亚坪村公厕旁	1 779	99.43° E 27.21° N	0.80	232.5	15	杂木树	60	沙壤土	较优
NJ5	福贡县鹿马登乡 亚坪村水沟边	1 702	99.43° E 27.21° N	1.14	92.5	15	杂木树	60	沙壤土	较优
NJ6	泸水市鲁掌镇 浪坝寨村滴水崖	2 070	99.28° E 28.62° N	1.50	243.5	15	杂木树	70	沙壤土	较优
NJ7	福贡县鹿马登乡 亚坪村马蜂窝(右)	1 909	99.43° E 27.20° N	0.91	140.0	14	杂木树	70	沙壤土	较优
NJ8	福贡县石月亮乡 拉马底(老王当)	1 652	98.82° E 27.46° N	0.88	357.0	16	杂木树	70	沙壤土	优

在草果花期于混生花型连片种植区域设置观测小区,每小区选取连续 90 丛草果作为观测对象,调查统计小区内下垂型(A 型)、上举型(B 型)草果两型植株自然配比,相关配比情况见表 1。

1.3 测定指标

1.3.1 植株及花器官相关指标测定

2024 年 6 月,选取 A 型、B 型植株各 9 丛。每丛选定 1 株长势均匀植株,统计叶片数、茎秆数,采用卷尺测量株高(接近地面处至主梢顶部)、最大叶片长、叶片宽;采用直尺测量茎秆横切面长

径、短径(植株茎秆基部)。于花期上午 10:00 统一取样,每丛随机选取健康开放花朵 1 朵,采用游标卡尺测量小苞片长、花萼长、花冠长和宽、唇瓣长和宽、花蕊长和宽(宽均为最宽处)。

1.3.2 果实表型及品质相关指标

2024 年 10 月,于盛果期选取两型草果各 9 丛统计果穗数量,每丛随机选取健康果穗 1 穗,采用游标卡尺测量果穗长、宽(最宽处);从以上 9 丛草果中选取 3 丛代表性植株采收果穗,从中随机选取成熟健康单果 9 枚,采用游标卡尺测量单果横径(最宽处)、纵径,采用电子天平测量鲜单果重、种仁重,并计算果皮重;从每组的 3 丛植株各随机选取 1 串果穗,统计总花量与结实量以计算结实率,后续测定鲜果色差、果实挥发油含量等品质指标。

采用高速中药多功能粉碎机将草果鲜果整果粉碎,过孔径为 0.425 mm 筛获得草果果碎;采用 WF32 精密色差仪(深圳市威福光电科技有限公司)分别测定草果果碎样品的明亮值 L^* 、红绿值 a^* 、黄蓝值 b^* ,每个样品重复测定 3 次,取平均值。

挥发油含量测定方法参照 GB/T 30385—2013《香辛料和调味品 挥发油含量的测定》^[11]。将草果样品粉碎 3 min 后过药典 2 号筛(孔径 0.85 mm),分别称取鲜草果样品 40.0 g,装入挥发油提取器中,加入纯水,用恒温电热套加热提取约 4 h,至测定器中油量不再增加,收集挥发油,并计算挥发油含量。挥发油含量按如下公式计算,以每 100 g 样品中所含挥发油的毫升数表示:

$$X = 100 \times \frac{V}{m}$$

式中: X 为挥发油含量(mL/100 g); V 为挥发油体积(mL); m 为试样质量(g)。

1.4 数据整理和分析

采用 Microsoft Excel 软件计算性状数据的标准差、平均值、最大值、最小值、变异系数;采用 IBM SPSS Statistics 27 系统对相关数据进行相关性分析、聚类分析。

2 结果与分析

2.1 草果植株农艺性状差异分析

2.1.1 植株生长指标差异

各观测点株型配比在 0.8 ~ 2.0,草果叶片性状存在显著差异(表 2)。其中,NJ3 叶长(93.83 cm)显著最长($P < 0.05$),叶宽最大,且显著高于 NJ2、NJ4、NJ6、NJ7。叶片数以 NJ1 最少,仅为 11.44 片; NJ3 叶片数最多,为 13.11 片。

各观测点茎秆性状存在明显差异。其中 NJ3 株高达 2.97 m,略高于 NJ8、NJ6,显著高于 NJ1、NJ2、NJ4、NJ5、NJ7; NJ8 茎秆数(23.28 株)显著最多。

2.1.2 花部性状差异

从表 2 可知,不同观测点间花性状存在明显差异。NJ6 的花冠长、花冠宽、唇瓣长均显著高于其他观测点,分别为 4.61、2.04、5.32 cm;同时其小苞片长度(2.91 cm)与花蕊宽度(1.50 cm)亦为各组最大值。

2.1.3 果实表型及品质差异

不同观测点间果实性状差异主要体现在果穗数量与大小上,单果重量性状表现稳定(表 2)。其中 NJ8 果穗数显著最多,达 44.78 个,且果穗最长,为 21.63 cm;果实纵横径方面,NJ2、NJ3、NJ5、NJ7、NJ8 果横径更大且相近,显著优于 NJ1 与 NJ6, NJ6 果横径(25.87 mm)、果纵径(32.20 mm)最短。

从表 2 可知,不同观测点间产量及品质性状存在明显差异,结实率表现稳定。NJ8 单株结果数最多,达 30.83 颗,其结实率为 30.48%,位居第二位。NJ6 挥发油含量(0.78 mL/100 g)最高,显著高于 NJ2、NJ3、NJ4、NJ5、NJ8。

$L^*a^*b^*$ 色空间是当前最通用的测量物体颜色的方法之一^[12]。如图 1 所示,不同观测点鲜果色泽存在明显差异。其中,NJ6 的 L^* 、 a^* 数值最大,分别为 63.44、6.35。NJ1 的 L^* 和 b^* 值表现突出,但 NJ1 的 a^* 显著低于 NJ6。

2.2 草果两型植株农艺性状的变异分析

由表 3 可见,8 个观测点农艺表型性状变异系数介于 8.56% ~ 98.59%,性状离散差异明显。果实横径与花蕊长变异系数均低于 10.00%,横径标准差为 2.35 mm,花蕊长极差为 0.50 cm。果穗数、

茎秆数变异系数均大于50%,果穗数极差为110 草果两型植株遗传变异较为明显。
个,茎秆数极差为42株。总体来看,8个观测点

表2 不同配比观测点两型植株农艺性状差异性分析

性状	NJ1	NJ2	NJ3	NJ4	NJ5	NJ6	NJ7	NJ8
叶片数	11.44±1.72 ^c	12.61±0.92 ^{ab}	13.11±1.41 ^a	12.17±1.34 ^{bc}	11.94±1.00 ^{bc}	11.78±1.00 ^{bc}	12.56±0.86 ^{ab}	11.50±1.82 ^c
叶长/cm	78.17±10.16 ^b	76.83±7.16 ^b	93.83±10.89 ^a	79.83±11.03 ^b	79.94±6.98 ^b	78.89±5.88 ^b	76.39±6.13 ^b	83.11±14.51 ^b
叶宽/cm	22.51±2.32 ^{abc}	21.39±2.23 ^{bc}	23.72±2.09 ^a	20.56±3.05 ^c	22.00±2.61 ^{abc}	20.75±2.22 ^c	21.17±2.01 ^{bc}	22.81±3.88 ^{ab}
株高/m	2.69±0.28 ^{bc}	2.26±0.34 ^{de}	2.97±0.32 ^a	2.34±0.37 ^{de}	2.48±0.35 ^{cd}	2.89±0.24 ^{ab}	2.19±0.24 ^e	2.78±0.53 ^{ab}
茎秆数	16.11±8.92 ^b	7.22±3.89 ^c	8.11±4.14 ^c	8.78±5.08 ^c	7.94±3.46 ^c	13.28±7.91 ^b	9.00±3.27 ^c	23.28±8.53 ^a
茎秆长径/ mm	48.61±7.63 ^a	37.06±5.77 ^{cd}	41.74±4.24 ^{bc}	34.95±5.55 ^d	36.95±5.34 ^{cd}	46.39±11.98 ^{ab}	39.19±7.13 ^{cd}	39.41±7.07 ^{cd}
茎秆短径/ mm	37.78±4.92 ^a	31.75±3.90 ^{cd}	35.99±3.28 ^{ab}	31.01±4.59 ^d	30.25±3.46 ^d	37.78±6.24 ^a	31.86±4.64 ^{cd}	34.32±4.82 ^{bc}
小苞片长/ cm	2.40±0.44 ^b	2.80±0.40 ^a	2.63±0.51 ^{ab}	2.86±0.38 ^a	2.84±0.42 ^a	2.91±0.85 ^a	2.60±0.48 ^{ab}	2.84±0.45 ^a
花萼长/cm	3.12±0.29 ^d	3.29±0.46 ^{cd}	3.10±0.50 ^d	3.53±0.44 ^{bc}	3.16±0.43 ^d	3.09±0.47 ^d	3.84±0.36 ^{ab}	3.91±0.52 ^a
花冠长/cm	3.10±0.28 ^{bc}	3.35±0.39 ^b	3.08±0.27 ^{bc}	3.33±0.33 ^b	3.11±0.28 ^{bc}	4.61±1.30 ^a	2.71±0.27 ^c	2.87±0.51 ^c
花冠宽/cm	1.46±0.22 ^b	1.72±0.29 ^b	1.70±0.16 ^b	1.58±0.21 ^b	1.60±0.19 ^b	2.04±1.07 ^a	1.63±0.20 ^b	1.71±0.19 ^b
唇瓣长/cm	3.46±0.40 ^{bc}	3.93±0.46 ^b	3.52±0.32 ^{bc}	3.89±0.62 ^b	3.92±0.24 ^b	5.32±1.26 ^a	3.14±0.47 ^c	3.36±0.53 ^c
唇瓣宽/cm	2.07±0.31 ^d	2.46±0.31 ^{ab}	2.34±0.26 ^{bc}	2.27±0.35 ^{bcd}	2.57±0.24 ^a	2.32±0.28 ^{bc}	2.18±0.23 ^{cd}	2.44±0.33 ^{ab}
花蕊长/cm	5.72±0.44 ^{cd}	6.12±0.58 ^{ab}	5.83±0.52 ^{bcd}	6.01±0.55 ^{abc}	6.27±0.26 ^a	5.56±0.37 ^d	5.59±0.31 ^d	5.73±0.46 ^{cd}
花蕊宽/cm	1.16±0.25 ^b	1.34±0.36 ^{ab}	1.27±0.44 ^{ab}	1.21±0.27 ^b	1.34±0.23 ^{ab}	1.50±0.35 ^a	1.26±0.28 ^{ab}	1.28±0.31 ^{ab}
条带数	2.11±0.33 ^{ab}	2.06±0.24 ^b	2.06±0.24 ^{ab}	2.33±0.77 ^a	2.11±0.47 ^{ab}	2.00±0.00 ^b	2.06±0.24 ^{ab}	2.06±0.24 ^{ab}
花序冠幅/ cm	11.00±1.22 ^a	11.00±1.57 ^a	10.74±2.29 ^a	11.06±1.27 ^a	10.67±1.18 ^a	9.39±1.07 ^b	10.53±0.99 ^a	10.43±1.13 ^a
花序轴长/ cm	19.11±3.82 ^a	16.22±2.22 ^{bc}	18.93±3.97 ^a	17.23±2.58 ^{abc}	18.11±3.41 ^{ab}	15.47±2.63 ^c	18.56±3.62 ^{ab}	15.36±4.53 ^c
花序轴根 部直径/mm	17.67±2.35 ^c	19.17±4.10 ^{bc}	19.54±4.27 ^{bc}	25.77±5.30 ^a	20.75±3.92 ^b	18.89±2.74 ^{bc}	18.33±1.91 ^{bc}	23.39±2.85 ^a
花数	71.00±8.10 ^b	104.00±12.66 ^a	80.00±26.94 ^{ab}	104.40±23.37 ^a	90.00±7.07 ^{ab}	80.33±32.46 ^{ab}	92.33±16.81 ^{ab}	99.00±16.16 ^a
果穗数	12.89±9.20 ^b	9.72±6.16 ^b	9.06±6.10 ^b	11.61±10.29 ^b	9.89±6.45 ^b	11.44±8.02 ^b	12.22±6.05 ^b	44.78±21.37 ^a
果穗长/cm	18.31±3.17 ^{bcd}	18.06±4.17 ^{cd}	20.91±3.81 ^{ab}	17.39±3.96 ^{cd}	17.92±4.06 ^{cd}	15.94±3.30 ^d	19.61±3.71 ^{abc}	21.63±3.90 ^a
果穗宽/cm	10.50±1.35 ^a	8.86±1.58 ^b	9.24±2.56 ^b	9.08±1.27 ^b	8.97±1.75 ^b	9.00±1.83 ^b	9.42±1.09 ^{ab}	10.43±1.24 ^a
果横径/mm	25.90±2.06 ^b	27.68±1.98 ^a	28.39±2.52 ^a	27.70±1.89 ^a	27.18±2.30 ^{ab}	25.87±2.21 ^b	28.31±2.31 ^a	28.23±2.29 ^a
果纵径/mm	32.29±5.37 ^b	33.72±4.73 ^{ab}	34.53±2.87 ^{ab}	36.14±3.31 ^a	32.69±4.20 ^b	32.20±4.15 ^b	33.83±3.07 ^{ab}	33.72±5.92 ^{ab}
果重/g	13.84±2.93 ^a	13.87±2.82 ^a	14.76±3.46 ^a	15.17±2.86 ^a	13.23±3.04 ^a	13.91±2.75 ^a	14.26±3.36 ^a	14.04±3.94 ^a
种仁重/g	6.25±1.30 ^a	5.98±1.65 ^a	6.00±1.26 ^a	6.78±1.50 ^a	5.59±1.84 ^a	6.22±1.54 ^a	6.15±1.87 ^a	6.46±2.16 ^a
果皮重/g	7.59±2.12 ^a	7.89±1.57 ^a	8.76±2.36 ^a	8.38±1.68 ^a	7.64±1.64 ^a	7.68±1.60 ^a	8.12±1.98 ^a	7.57±2.33 ^a
果数	19.17±3.82 ^{ab}	28.17±8.01 ^{ab}	15.17±3.66 ^b	23.40±11.91 ^{ab}	28.33±15.71 ^{ab}	17.83±12.25 ^{ab}	25.5±10.33 ^{ab}	30.83±13.79 ^a
结实率/%	0.27±0.05 ^a	0.27±0.05 ^a	0.21±0.07 ^a	0.22±0.12 ^a	0.31±0.17 ^a	0.29±0.27 ^a	0.28±0.10 ^a	0.30±0.10 ^a
挥发油/ (mL·100 g ⁻¹)	0.62±0.21 ^{ab}	0.57±0.13 ^b	0.46±0.04 ^b	0.51±0.07 ^b	0.46±0.14 ^b	0.78±0.06 ^a	0.62±0.19 ^{ab}	0.49±0.08 ^b

注:同行不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),下同。

2.3 不同观测点类群草果农艺性状聚类分析

由图2、表4可见,8个观测点可划分为3个类群。第Ⅰ类群包含NJ2、NJ4、NJ5、NJ7;第Ⅱ类群包含NJ1、NJ3、NJ6;NJ8为第Ⅲ类群。

多重比较结果显示,3个类群关键农艺性状普遍存在显著差异,类群间性状特征分化显著。第Ⅱ类、第Ⅲ类株高显著高于第Ⅰ类;第Ⅲ类茎秆数(23.28株)、花萼长(3.91 cm)、果穗数(44.78)

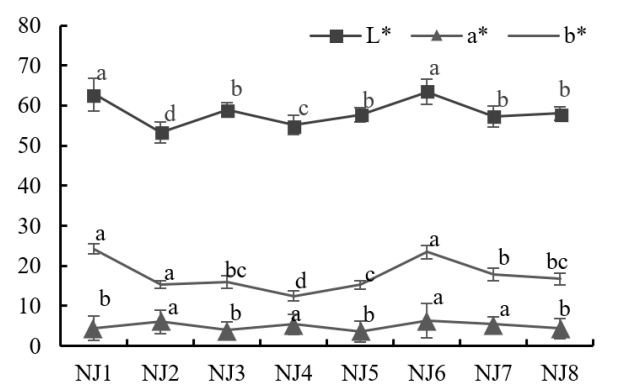


图 1 不同配比观测点两型植株鲜果色差分析

注: 不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

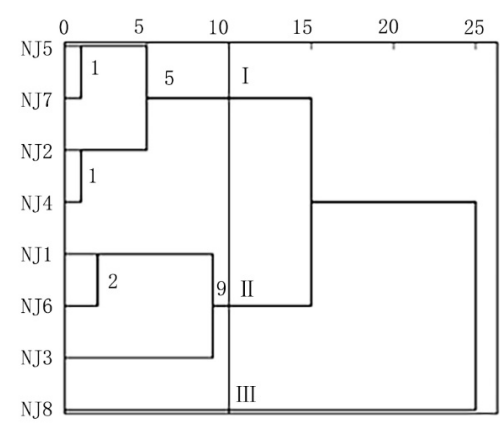


图 2 不同观测点草果植株欧氏距离聚类

表 3 草果两型植株农艺性状的变异分析

性状	平均值	极大值	极小值	极差	标准差	变异系数/%
叶片数/片	12.14	15.00	8.00	7.00	1.39	11.43
叶长/cm	80.88	110.00	39.00	71.00	10.69	13.22
叶宽/cm	21.86	35.00	15.00	20.00	2.75	12.60
株高/m	2.58	3.90	1.65	2.25	0.44	17.02
茎秆数	11.72	44.00	2.00	42.00	7.92	67.59
茎秆长径/mm	40.54	70.00	25.02	44.98	8.32	20.53
茎秆短径/mm	33.84	50.00	21.02	28.98	5.29	15.64
小苞片长/cm	2.76	4.80	1.30	3.50	0.52	18.98
花萼长/cm	3.40	5.30	2.30	3.00	0.54	15.93
花冠长/cm	3.28	6.20	2.00	4.20	0.79	24.18
花冠宽/cm	1.69	6.20	1.00	5.20	0.45	26.69
唇瓣长/cm	3.84	7.00	1.70	5.30	0.89	23.12
唇瓣宽/cm	2.35	3.40	1.50	1.90	0.31	13.36
花蕊长/cm	5.86	7.00	4.80	2.20	0.50	8.56
花蕊宽/cm	1.30	2.20	0.70	1.50	0.32	24.88
条带数	2.10	4.00	2.00	2.00	0.39	18.31
花序冠幅/cm	10.57	19.00	8.00	11.00	1.46	13.85
花序轴长/cm	17.26	28.00	7.00	21.00	3.60	20.85
花序轴根部直径/mm	20.62	37.30	11.14	26.16	4.41	21.39
花数	89.46	132.00	37.00	95.00	21.41	23.86
果数	23.26	56.00	7.00	49.00	11.33	48.69
结实率/%	0.27	0.64	0.07	0.58	0.13	47.81
果穗数	15.34	111.00	1.00	110.00	15.12	98.59
果穗长/cm	18.72	28.00	8.00	20.00	4.08	21.81
果穗宽/cm	9.44	18.00	5.00	13.00	1.71	18.20
果横径/mm	27.40	33.88	21.01	12.87	2.35	8.58
果纵径/mm	33.64	48.97	24.11	24.86	4.40	13.07
果重/g	14.13	22.99	8.04	14.95	3.14	22.22
种仁重/g	6.18	11.90	2.81	9.09	1.66	26.82
果皮重/g	7.95	14.70	2.60	12.10	1.93	24.25
挥发油含量/ (mL · 100 g ⁻¹)	0.51	0.93	0.28	0.92	0.23	43.63

表 4 不同观测点类群草果农艺表型性状比较

性状	聚类分析		
	第 I 类	第 II 类	第 III 类
叶片数/片	12.32a	12.11a	11.50a
叶长/cm	78.25a	83.63a	83.11a
叶宽/cm	21.28a	22.33a	22.81a
株高/m	2.32b	2.85a	2.78a
茎秆数/株	8.24b	12.5b	23.28a
茎秆长径/mm	37.04b	45.58a	39.41b
茎秆短径/mm	31.22c	37.18a	34.32b
小苞片长/cm	2.78a	2.65a	2.84a
花萼长/cm	3.46b	3.10b	3.91a
花冠长/cm	3.13a	3.60a	2.87a
花冠宽/cm	1.63a	1.73a	1.71a
唇瓣长/cm	3.72a	4.1a	3.36a
唇瓣宽/cm	2.37a	2.24a	2.44a
花蕊长/cm	6.00a	5.70a	5.73a
花蕊宽/cm	1.29a	1.31a	1.28a
条带数	2.14a	2.06a	2.06a
花序冠幅/cm	10.82a	10.38a	10.43a
花序轴长/cm	17.53a	17.84a	15.36a
花序轴根部直径/mm	21.01a	18.70a	23.39a
花数	97.68a	77.11b	99.00a
果数	25.44a	17.39b	30.83a
结实率/%	0.27a	0.26a	0.30a
果穗数	10.86b	11.13b	44.78a
果穗长/cm	18.25a	18.39a	21.63a
果穗宽/cm	9.08c	9.58ab	10.43a
果横径/mm	27.72a	26.72a	28.23a
果纵径/mm	34.10a	33.01a	33.72a
果重/g	14.13a	14.17a	14.04a
种仁重/g	6.13a	6.16a	6.46a
果皮重/g	8.01a	8.01a	7.57a
挥发油含量/ (mL · 100 g ⁻¹)	0.54a	0.62a	0.49a

显著高于第Ⅰ、Ⅱ类,同时其结实率、种仁重最高;第Ⅱ类茎秆长径(45.58 mm)、短径(37.18 mm)显著最高,同时其叶长、挥发油含量最高。花朵数、结果数均表现为第Ⅲ类>第Ⅰ类>第Ⅱ类。

2.4 草果农艺表型性状与果实表型、品质的相关性分析

由表5可见,草果多项农艺表型性状与果实

表型、品质存在显著关联。果数与茎秆长径、短径显著负相关($P<0.05$),与花数显著正相关。结实率与叶片数显著负相关,果皮重与叶片数极显著正相关($P<0.01$)。果穗数、果穗宽与茎秆数极显著正相关。挥发油含量与花冠长显著正相关,与花蕊长、花序冠幅显著负相关。

表5 草果植株营养生长表型与果实表型、品质的相关性分析

性状	叶片数	叶宽	茎秆数	茎秆长径	茎秆短径	花萼	花冠长	唇瓣长	唇瓣宽	花蕊长	条带数	花序冠幅	花序轴根部直径	花数
果数				-0.62*	-0.65*				0.62*					0.72*
结实率	-0.65*													
果穗数			0.87**			0.66*								
果穗长		0.76*					-0.75*	-0.78*						
果穗宽			0.84**											
果横径				-0.70*			-0.66*	-0.63*						
果纵径				-0.68*							0.71*		0.71*	
果重														
种仁重														
果皮重	0.84**													
挥发油含量							0.70*		-0.64*			-0.67*		

注: *表示在 0.05 级别(单尾)显著相关; **表示在 0.01 级别(单尾)极显著相关。

3 讨论与结论

植物农艺表型性状由遗传特性与生态环境共同决定,是基因型与环境互作的综合外在表现^[13]。农艺性状是种质评价、材料筛选与栽培优化的重要评判依据^[14]。

李国栋等^[3]研究表明,草果上举型植株结实潜力更高,是群体果实产量的主要贡献者,下垂型植株结实能力较弱。本研究中,NJ8 观测点上举型植株占比较高($A:B=0.88$),茎秆数显著高于其他配比,果穗数超出其他配比的3倍。NJ3 观测点下垂型植株占比略高($A:B=1.05$),该类植株株高、叶片长势更优,群体栽植后易出现枝叶密集、冠层郁闭现象,植株总生物量积累量大,可作为饲草、编织材料实现非食用资源化利用。NJ6 观测点下垂型植株占比较高($A:B=1.50$),群体株丛长势稳健,挥发油含量最高,同时其果实果皮光亮红润。聚类分析发现,第Ⅰ类群性状表现整体居中、稳定性强,为中间过渡类群;第Ⅱ类群营养生长优势显著,其挥发油含量达 0.62

mL/100 g,在各类群中最高,药用品质综合表现最优;第Ⅲ类群茎秆、果穗、花朵与结果数量优势显著,结实率、种仁重等核心产量性状最优,具备突出的高产特性。

以上调查研究表明不同株型配比的群体结构存在差异,改变了草果生长及次生代谢特征,或有利于分化形成高产、优质、稳定的特异性类群。本试验仅基于单一生长期的田间自然配比群体开展调查,缺乏多年定位观测数据,无法明确株型配比对草果品质稳定性的长期影响。同时,受海拔、水肥、林下微环境等多因子干扰,难以精准量化株型配比的独立作用效应,且未设置人工梯度配比验证试验,难再作更多机理分析。后续可通过多年定点观测与人工配比栽培试验,深入揭示株型配比的调控机制,以进一步完善林下草果精准栽培技术。

参考文献:

[1] 吴莲张,张映萍,廖方平,等. 草果果实和种仁干燥前后游离氨基酸含量及挥发油香气成分分析[J]. 食品与发

- 酵工业, 2025, 51(10): 328-335.
- [2] 张雪研, 舒娟, 范江平, 等. 草果挥发油的化学成分、生物活性及应用研究进展[J]. 食品与发酵科技, 2023, 59(5): 81-86.
- [3] 李国栋, 张洪武, 刘小莉, 等. 草果两型植株的繁育差异研究[J]. 广西植物, 2017, 37(10): 1312-1321.
- [4] 杨耀文, 李国栋, 和俊才. 草果生物学与资源研究[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2024.
- [5] HE XF, CHEN JJ, HUANG XY, et al. The antidiabetic potency of *Amomum tsaoko* and its active flavanols, as PTP1B selective and α -glucosidase dual inhibitors[J]. Industrial Crops and Products, 2021, 160: 112908.
- [6] HE XF, ZHANG XK, GENG CA, et al. Tsaokopyranols A- M, 2, 6- epoxydiarylheptanoids from *Amomum tsaoko* and their α -glucosidase inhibitory activity[J]. Bioorganic Chemistry, 2020, 96: 103638.
- [7] 雷恩, 郭俊明, 张旭山, 等. 云南红河州 3 个草果栽培种产量和农艺性状的比较[J]. 种子, 2016, 35(6): 105-107, 109.
- [8] 廖方平, 和雨秋, 查云盛, 等. 基于灰色关联度分析对不同产区草果的质量评价[J]. 热带农业科技, 2026, 49(1): 27-33.
- [9] 廖方平, 杨毅, 练强, 等. 两种杀青方式对草果品质和干燥效率的影响[J]. 热带农业科技, 2025, 48(3): 47-52.
- [10] 吴莲张, 元超, 杨毅. 怒江草果栽培与病虫害防控[M]. 北京: 中国农业出版社, 2025.
- [11] 国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 香辛料和调味品 挥发油含量的测定: GB/T 30385—2013[S].
- [12] 张映萍, 徐飞, 穆明兴, 等. 7 种不同果型草果果粉的理化指标及挥发性成分分析[J]. 热带作物学报, 2024, 45(4): 813-824.
- [13] 曹萍, 黄锴悦, 熊俊豪, 等. 64 份芥蓝种质资源主要农艺性状的综合评价[J]. 福建农业科技, 2025, 56(4): 31-38.
- [14] 徐泽俊, 齐玉军, 邢兴华, 等. 黄淮海大豆种质 农艺与品质性状分析及综合评价[J]. 植物遗传资源学报, 2022, 23(2): 468-480.