

# 不同栽培模式对卡亚生物量分配及其品质的影响

李天会, 张维耀, 陈少雄, 彭彦\*

(国家林业和草原局桉树研究开发中心, 广东 湛江 524022)

**摘要:** 为获得新引进品种卡亚的高效栽培模式, 本研究设置了卡亚与草珊瑚、小粒咖啡、大叶女贞、迷迭香、香兰叶 5 种混交模式及 1 种不混交模式, 并研究了不同栽培模式下卡亚的生物量分配和营养成分。结果表明: 栽培模式对卡亚现存生物量的影响极显著, 总趋势是生物量累积以树干和枝条为主, 其次是叶, 第三是根。不同模式的总生物量在 5.61 ~ 16.47 t hm<sup>-2</sup> 之间, 不同模式间的嫩叶、嫩枝总生物量差异极显著, 不同模式间的木质化树干、根的生物量差异不显著; 同一模式内的嫩叶、嫩枝、木质化树干、根和总生物量差异不显著。卡亚嫩枝叶的蛋白质含量为 6.44 ~ 7.13 g 100g<sup>-1</sup>; 脂肪含量为 0.60 ~ 0.80 g 100g<sup>-1</sup>、粗纤维为 2.10% ~ 2.40%、灰分为 1.40 ~ 1.70 g 100g<sup>-1</sup>; 磷为 58.3 ~ 73.1 mg 100g<sup>-1</sup>、钙为 709 ~ 1 060 mg kg<sup>-1</sup>、钾为 396 ~ 550 mg kg<sup>-1</sup>、铁为 15.4 ~ 23.9 mg kg<sup>-1</sup>; 维 C 为 84.2 ~ 149 mg 100g<sup>-1</sup>、维生素 B2 为 0.196 ~ 0.228 mg 100g<sup>-1</sup>、β 胡萝卜素为 63.9 ~ 89.4 μg g<sup>-1</sup>。综合评价得出卡亚×小粒咖啡为最佳栽培模式。

**关键词:** 栽培模式; 生物量; 品质; 影响

中图分类号: S759.8

文献标识码: A

## Effect of Cultivation Model on Biomass Allocation and Quality for *Cnidosolus chayamansa*

LI Tianhui, ZHANG Weiyao, CHEN Shaoxiong, PENG Yan

(China Eucalypt Research Centre, Zhanjiang, 524022, Guangdong, China)

**Abstract:** To get a high-efficiency cultivation model for new introduced *Cnidosolus chayamansa*, 6 cultivation modes (mode 1 to 6) were tested in a field trial. These involved: *C. chayamansa* mixed with *Sarcandra glabra*, *Coffea arabica*, *Ligustrum compactum*, *Rosmarinus officinalis* or *Pandanus amaryllifolius*, and then just pure *Cnidosolus chayamansa*. Biomass allocation and nutrient composition under each of these different cultivation modes were examined, and highly significant differences were found among these modes for *C. chayamansa* biomass. The main trend of biomass accumulation, in order of proportion of total plant biomass, was trunk and branches, then leaves and thirdly roots. Total biomass of different modes ranged from 5.61 t hm<sup>-2</sup> to 16.47 t hm<sup>-2</sup> with the biomass of fresh leaves, fresh branches and total biomass also varying significantly among different modes, but not the lignified trunk or root mass. Examination of the nutritional compositions of fresh leaves and branches of *C. chayamansa* under the six modes were: 6.44 ~ 7.13 g 100g<sup>-1</sup> proteins, 0.60 ~ 0.80 g 100g<sup>-1</sup> fats, 2.10% ~ 2.40% crude fiber, 1.40 ~ 1.70 g 100g<sup>-1</sup> ash, 58.3 ~ 73.1 mg 100g<sup>-1</sup> P, 709 ~ 1 060 mg kg<sup>-1</sup> Ca, 396 ~ 550 mg kg<sup>-1</sup> K, 15.4 ~ 23.9 mg kg<sup>-1</sup> Fe; 84.2 ~ 149 mg 100g<sup>-1</sup> Vitamin C, 0.196 ~ 0.228 mg 100g<sup>-1</sup> Vitamin B2, 63.9 ~ 89.4 μg g<sup>-1</sup> βcarotene. By comprehensive evaluation, mode 2 proved the best way to cultivate *C. chayamansis* in a mixed species system.

**Key words:** cultivation mode; biomass; quality; effects

卡亚(*Cnidoscolus* spp.)又名树菠菜或木菠菜,为大戟科(Euphorbiaceae)多年生灌木,原产于墨西哥和危地马拉。其叶片呈掌状,裂片 3 ~ 5 个,叶柄长约 28 cm,可高达 6 m。卡亚根系发达,抗逆性强,

栽培措施简单,一次栽种,多年利用。为促进枝叶萌发,常修剪至 1.5 ~ 2 m 高<sup>[1]</sup>。卡亚的叶和嫩枝可食用且营养价值较高,富含蛋白质、脂肪、粗纤维、胡萝卜素、维生素(C)、维生素 B2、矿物质等多种

营养成分<sup>[2]</sup>。除可食用外，卡亚还具有较高的药用与观赏价值<sup>[3]</sup>，但国内对卡亚的营养成分和药用价值鲜见报道。

在林下种植卡亚不仅能够充分利用林下较为宽阔的空间，还能产生较高的经济效益。为获得卡亚的高效栽培模式，本研究开展了卡亚与其他树种的混交试验，并对卡亚的营养成分进行测定，以期为卡亚的林下种植和进一步综合利用提供参考依据。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 试验地概况

试验地设在广东省湛江市南方国家级林木种苗示范基地(21°30'N, 111°38'E)，位于北热带湿润大区雷琼区北缘，属海洋性季风气候。年平均气温23.1℃，极端低温1.4~3.6℃，极端最高温38.1℃，年降雨量为1 567 mm，5—9月份为雨季，其降雨量占全年的85.5%，年相对湿度80.4%。成土母质北部

为砂页岩，中部为浅海沉积物，南部为玄武岩。土壤类型主要有浅海沉积物砖红壤和玄武岩砖红壤，其次为砂页岩红壤、花岗岩砖红壤，有机质含量1%以上，pH4.5~5.3。

### 1.2 林地选择和清理

试验地设在 9 a 生的尾巨桉(*Eucalyptus urophylla* × *E. grandis*)林下，该试验林经历多次台风并间伐 2 次，现存密度为 300 ~ 375 株 hm<sup>-2</sup>。林地较空旷，遮荫度较低，仅为 0.3 ~ 0.5。

对林地进行了精细整地，全面清除杂灌、松土并起垄(宽 1.5 m，高 25 mm)，覆盖薄膜，以防杂草生长；安装水滴管，施足基肥。

### 1.3 研究方法

#### 1.3.1 试验设计

本研究所选卡亚(*C. chayamansa*)为国家林业和草原局桉树研究开发中心于 2016 年从美国德克萨斯州和佛罗里达州引进的品种。试验共设置了 6 种栽培模式(表 1)，于 2017 年 4—5 月完成种植。

表 1 卡亚栽培模式设置

模式序号	栽培品种	株行距
1	卡亚×草珊瑚( <i>Sarcandra Glabra</i> )	卡亚 4 m × 1.5 m，草珊瑚 50 cm × 50 cm
2	卡亚×小粒咖啡( <i>coffea Arabica</i> )	卡亚 4 m × 1.5 m，小粒咖啡 4 m × 2.0 m
3	卡亚×大叶女贞( <i>Ligustrum compactum</i> )	卡亚 4 m × 1.5 m，大叶女贞 4 m × 2 m
4	卡亚×迷迭香( <i>Rosmarinus officinalis</i> )	卡亚 4 m × 1.5 m，迷迭香 30 cm × 30 cm
5	卡亚×香兰叶( <i>Pandanus amaryllifolius</i> )	卡亚 4 m × 1.5 m，香兰叶 4 m × 1.5 m
6	卡亚	4 m × 1.5 m

注：草珊瑚与迷迭香均为垄上双行种植。

#### 1.3.2 生物量的测定

根据试验林生长情况，2019 年 10 月分别在 6 种栽培模式中各选 3 株平均木，共 18 株样木。挖出样木后，分别称取嫩叶、嫩枝、木质化树干和根的鲜质量，求出不同模式各组分的平均生物量，各组分平均数之和即为单株平均总生物量，乘以每公顷株数，得出每公顷平均生物量。

#### 1.3.3 营养含量、灰分、矿物质和维生素的测定方法

以卡亚嫩叶和嫩枝作为测定材料，每种模式平均采集 3 株平均木的嫩叶和嫩枝 300 g，混合均匀。测试工作由广东省维生素研究所完成。具体测定方法为：蛋白质含量按照 GB 5009.5-2016 第一法《食

品中蛋白质的测定》方法测定；脂肪含量按照 GB 5009.6-2016 第一法索氏抽提法测定；粗纤维参照 GB/T 5009 10-2003 法测定；总灰分按照 GB 5009.4-2016 第一法测定；磷含量按照 GB 5009.87-2016 第一法测定；钙、钾、铁按照 GB 5009.268-2016 第一法测定；维生素 C 含量按照 GB 5009.86-2016 第一法测定；维生素 B2 含量按照 GB 5009.85-2016 第一法测定；β胡萝卜素含量按照 GB 5009.83-2016 色谱条件二测定。

### 1.4 数据处理

采用 EXCEL 和 SPSS 22.0 对数据进行统计和单因素的方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同栽培模式的卡亚生长状况

由表 2 可知, 2 a 生时以模式 1 的卡亚生长最好, 平均高 1.21 m, 平均地径 2.85 cm。模式 3 卡亚生长最差, 平均高仅 0.60 m, 平均地径仅 1.40 cm。

表 2 卡亚林分生长状况

模式序号	林龄/a	平均树高/m	平均地径/cm	现实林分密度/(株 hm <sup>-2</sup> )
1	2	1.21	2.85	1 665
2	2	1.16	2.75	1 665
3	2	0.60	1.40	1 665
4	2	1.10	2.00	1 665
5	2	1.25	2.15	1 665
6	2	1.12	2.10	1 665

### 2.2 不同栽培模式对卡亚生物量分配及变异分析

由表 3 可知, 卡亚的生物量累积过程以木质化树干为主, 其平均总生物量占总生物量的 44.67%; 嫩枝次之, 占总生物量的 35.28%; 嫩叶第三, 占总生物量的 12.44%; 根的总生物量最小, 为 7.83%。其中, 模式 2 各部位的生物量均为最高, 模式 3 的嫩叶和嫩枝生物量均为最小, 主要原因是大叶女贞生长较快、遮蔽了卡亚的光照所致。不同模式间各生物量指标差异极显著(表 4)。多重比较结果表明, 模式 2 的嫩叶、嫩枝和总生物量与其他模式相比均差异极显著, 但木质化树干和根生物量在不同模式间差异不显著, 相同模式内差异亦不显著。

表 3 不同栽培模式现存生物量分配及变异分析

模式	嫩叶/(t hm <sup>-2</sup> )	总生物量比例/%	嫩枝/(t hm <sup>-2</sup> )	占总生物量比例/%	木质化树干/(t hm <sup>-2</sup> )	占总生物量比例/%	根/(t hm <sup>-2</sup> )	占总生物量比例/%	总生物量/(t hm <sup>-2</sup> )
1	1.14bcB	13.67aA	3.33bcB	40.00aA	3.12aA	38.67aA	0.64aA	7.67aA	8.24cB
2	1.92aA	12.00aAB	7.55aA	45.67aA	6.14aA	37.33aA	0.87aA	5.33aA	16.47aA
3	0.39dC	7.33bC	1.47cB	27.67aA	3.42aA	56.33aA	0.53aA	9.00aA	5.61cB
4	0.72cdBC	13.00aA	1.68cB	30.33aA	2.69aA	48.00aA	0.52aA	9.00aA	5.81cB
5	1.07bcB	16.33aA	2.05cB	31.00aA	2.90aA	43.67aA	0.59aA	9.00aA	6.60cB
6	1.30bB	12.33aA	3.90bB	37.00aA	4.91aA	44.00aA	0.79aA	7.00aA	10.90bB
均值	1.09	12.44	3.33	35.28	3.86	44.67	0.66	7.83	9.24
变异系数%	48.62	25	61.26	25.71	45.59	22.22	39.39	33.72	44.26

注: 同列数字后不同大小写字母分别表示  $P < 0.01$  和  $P < 0.05$ , 下同。

表 4 不同模式下卡亚生物量方差分析表

项目	误差来源	平方和	df	MS	F 值	P 值
嫩叶	模式之间	4.098	5	0.820	15.738	0.00
	模式内	0.625	12	0.052		
嫩叶占总生物量比	模式之间	0.013	5	0.003	6.674	0.003
	模式内	0.005	12	0.000		
嫩枝	模式之间	77.918	5	15.584	25.96	0.00
	模式内	7.213	12	0.601		
嫩枝占总生物量比	模式之间	0.070	5	0.014	2.73	0.071
	模式内	0.062	12	0.005		
木质化树干	模式之间	27.974	5	5.595	2.68	0.075
	模式内	25.005	12	2.084		
木质化树干占总生物量比	模式之间	0.072	5	0.014	1.976	0.155
	模式内	0.087	12	0.007		
根	模式之间	0.30	5	0.060	0.784	0.580
	模式内	0.92	12	0.076		
根占总生物量比	模式之间	0.003	5	0.001	0.933	0.494
	模式内	0.009	12	0.001		
总生物量	模式之间	262.429	5	52.486	13.579	0
	模式内	46.382	12	3.865		

### 2.3 不同栽培模式下卡亚营养成分指标变异分析

蛋白质、脂肪、粗纤维、灰分含量在 6 个模式间均存在一定的变异,以脂肪含量的变异程度最大,达 10.29%(表 5)。蛋白质含量在模式间变异较小(4.74%)。多重比较结果表明:模式 4 的蛋白质质量含

量极显著高于其他 5 个模式。脂肪含量最高的是模式 3,是含量最低模式 1 的 1.33 倍。粗纤维含量以模式 6 最高,且极显著高于其他 5 种模式。灰分含量以模式 3 的为最高。

表 5 不同栽培模式下卡亚营养成分指标变异分析

模式	蛋白质/(g 100g <sup>-1</sup> )	脂肪/(g 100g <sup>-1</sup> )	粗纤维/%	灰分/(g 100g <sup>-1</sup> )
1	6.44C	0.60C	2.20B	1.50C
2	6.46C	0.70B	2.10C	1.50C
3	6.15D	0.80A	2.10C	1.70A
4	7.13A	0.70B	2.20B	1.50C
5	6.44C	0.60C	2.10C	1.60B
6	6.56B	0.70B	2.40A	1.40D
均值	6.53	0.68	2.18	1.53
变异系数%	4.74	10.29	5.05	6.54
MS	0.32	0.02	0.04	0.03
F 值	976.43**	179.64**	540.30**	411.73**

注: \*\*表示  $P < 0.01$ , 下同。

### 2.4 不同栽培模式卡亚矿质元素含量比较变异分析

卡亚富含磷、钙、钾、铁等人体必需的矿质营养元素<sup>[4]</sup>。由表 6 可知,卡亚各元素含量由高到低的顺序为钙>磷>钾>铁,且在模式间存在一定程度的差异。经多重比较可知,模式 4 的磷含量极显著

高于其他模式,是均值的 1.09 倍;模式 1 的钙含量显著高于其他模式,较均值高出 18.74%。模式 3 钾含量显著高于其他模式,是所有模式均值的 1.22 倍。铁元素以模式 6 的含量最高,是均值的 1.23 倍。

表 6 不同栽培模式卡亚矿质元素含量比较变异分析

模式	磷/(mg 100g <sup>-1</sup> )	钙/(mg kg <sup>-1</sup> )	钾/(mg kg <sup>-1</sup> )	铁/(mg kg <sup>-1</sup> )
1	63.5E	1 060A	427.0D	19.7C
2	67.2D	886.0D	472.0B	20.3B
3	58.3F	877.0E	550.0A	20.2B
4	73.1A	904.0C	396.0F	16.8D
5	69.2C	709.0F	415.0E	15.4E
6	71.5B	920.0B	436.0C	23.9A
均值	67.13	892.72	449.33	19.38
变异系数/%	7.66	11.83	11.63	14.50
MS	89.58	37 891.12	9 288.27	26.88
F 值	1 414.43**	56 836.68**	16 718.88**	4 399.13**

### 2.5 不同栽培模式卡亚维生素含量比较变异分析

维生素 C 平均含量为 122.69 mg 100 g<sup>-1</sup>(表 7),以模式 4 的最高、模式 3 的最低;模式 5 的微生物 B2 含量为最高,而  $\beta$  胡萝卜素含量以模式 3 为最高。

维生素 C、维生素 B2 和  $\beta$  胡萝卜素的平均变异系数分别为 16.98%、71.43%和 10.32%,3 种维生素在模式间的差异均到极显著水平。

表7 不同栽培模式卡亚维生素含量比较变异分析

模式	维生素 C/(mg 100g <sup>-1</sup> )	维生素 B2/(mg 100g <sup>-1</sup> )	β胡萝卜素/(μg g <sup>-1</sup> )
1	119.0D	0.221B	79.9C
2	125.0C	0.206D	83.4B
3	84.2E	0.185F	89.4A
4	149.0A	0.196E	75.3E
5	120.3D	0.228A	63.9F
6	138.7B	0.207C	77.2D
均值	122.69	0.207	78.17
变异系数%	16.98	71.43	10.32
MS	1 473.61	0.001	221.257
F 值	2 409.18**	2 261.10**	195 226.77**

### 3 结论

本研究结果表明, 模式2的嫩叶生物量、嫩叶生物量占总生物量比、嫩枝生物量、嫩枝生物量占总生物量比、总生物量均极显著高于其他模式。卡亚的蛋白质、脂肪、粗纤维、灰分和4种矿质元素(磷、钙、钾、铁)及维生素在不同模式间均差异极显著。综合来看, 6个模式卡亚的嫩叶和嫩枝生物量范围在1.86~9.47 t hm<sup>-2</sup>之间, 具体为: 模式2>模式6>模式1>模式5>模式4>模式3。将各模式的每公顷嫩叶和嫩枝生物量乘以每种营养物质的含量并综合排序, 结果与生物量的排序一致, 由此得出模式2最好, 最差是模式3。

### 4 结语

(1) 卡亚对肥料的利用率如何, 以及何种肥料或何种肥料对比对卡亚的生长促进作用最大, 需要

开展施肥试验验证。

(2) 对卡亚良种选育技术的研究, 在考虑丰产的同时, 应对卡亚的抗风、抗寒、营养物质、矿物质和维生素含量等进行综合分析评价, 以期进一步选出优良品种或无性系。

(3) 开展系统的区域化试验, 为下一步推广奠定基础。

#### 参考文献

- [1] KUTI J O, KUTI H O. Proximate composition and mineral content of two edible species of *Cnidocolus*(tree spinach)[J]. *Plant Foods for Human Nutrition*, 1999,53(4):275-283.
- [2] FABIOLA Escalante-Erosa, ILKA Ortegón Campos, VICTOR Parra-Tabla, et al. Chemical Composition of the Epicuticular Wax of *Cnidocolus aconitifolius*[J]. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 2004,48(1):24-25.
- [3] 高素菊. 21世纪的新资源食品[J]. *中国食品*, 2000,22(1):35.
- [4] 游巧宁. 卡亚叶营养成分分析及调节血糖作用研究[D]. 重庆: 西南大学, 2010.