

套种香蕉对橡胶树新品种云研272苗期生长及光合生理的影响

杨 湑^{1,2}, 亚华金^{1,2}, 吴 裕^{1,2*}, 李小琴^{1,2}, 周 艳^{1,2}, 张凤良^{1,2*}

(1. 云南省天然橡胶可持续利用研究重点实验室, 云南景洪 666100;

2. 云南省热带作物科学研究所, 云南景洪 666100)

[摘要]为明确“橡胶+香蕉”套作模式中香蕉冠层遮阴对橡胶树幼苗生长及光合生理的影响,为套种模式的合理配置提供理论依据与技术参考,本研究以三倍体橡胶树新品种云研272无性系为研究对象,利用香蕉冠层自然遮阴形成的4个光照梯度(L0,全光照;L1,轻度遮阴;L2,中度遮阴;L3,重度遮阴),系统测定并分析该套种模式不同光照条件下橡胶树苗期生长指标与光合生理参数的变化特征。结果表明:遮阴显著抑制了云研272幼苗地径与株高的生长,且二者生长量均值随光照强度降低呈持续递减趋势。其中,全光照(L0)的地径、株高均最大,显著或极显著高于L1、L2、L3;中度遮阴(L2)已对橡胶树幼苗的地径与株高产生明显抑制效应,与全光照(L0)相比,地径和株高分别下降31.0%和27.74%。随着遮阴程度加剧,幼苗地径和株高的变异系数逐渐增大,群体整齐度下降。遮阴对橡胶树幼苗净光合速率的影响与生长指标的变化趋势一致,即随着光照强度降低,叶片净光合速率(P_n)呈显著下降趋势。中度遮阴(L2)下,幼苗叶片 P_n 较全光照(L0)下降幅度达51.89%,中度遮阴已对 P_n 产生明显的抑制作用,制约了幼苗生长。综上,“橡胶+香蕉”同年定植模式下,香蕉冠层形成的过度遮阴环境严重制约了云研272的早期生长及光合生理代谢。在生产实践中,建议合理配置种植间距或采用“错期定植”模式,减少香蕉冠层对橡胶树幼苗的遮阴胁迫,以保障橡胶树幼苗生长对光的需求,提升套作的综合效益。

[关键词]橡胶树;套作;遮阴;生长;光合生理;香蕉

中图分类号:S794.106;S668.1 文献标识码:A 文章编号:1672-450X(2026)03-0099-06

Effects of Interplanting Banana on Seedling Growth and Photosynthetic Physiology of New Rubber Tree Variety Yunyan 272

YANG Tian^{1,2}, YA Huajin^{1,2}, WU Yu^{1,2*}, LI Xiaoqin^{1,2}, ZHOU Yan^{1,2}, ZHANG Fengliang^{1,2*}

1. Yunnan Key Laboratory of Sustainable Utilization Research on Rubber Tree, Jinghong 666100, China;

2. Yunnan Institute of Tropical Crops, Jinghong 666100, China

Abstract: In order to clarify the effect of shading formed by banana canopy on the growth and photosynthetic physiology of rubber tree seedlings in the intercropping mode of 'rubber + banana', and also provide theoretical basis and technical reference for the rational allocation of the intercropping mode. In this study, the new triploid rubber tree clone 'Yunyan 272' was used as the research object. Four light gradient (L0, full light; L1, light shade; L2, moderate shade; L3, heavy shade) formed by natural shading of banana canopy were used to systematically measure and analyze the changes of growth indexes and photosynthetic physiological parameters of rubber tree at seedling stage. The results showed that shading significantly inhibited the growth of ground diameter and plant height of 'Yunyan 272' seedlings, and the average growth of the two

收稿日期:2026-02-28

基金项目:省所热带作物科技创新专项资金(RF2025-1);云南省现代农业橡胶产业技术体系(2025KJTX-12-2)

作者简介:杨湑(1988—),女,副研究员,硕士,研究方向为橡胶树遗传育种。E-mail:853299710@qq.com

*通信作者:吴裕(1972—),男,研究员,硕士,研究方向为橡胶树种质资源保护与良种培育。E-mail:hhyw20030105@126.com

张凤良(1984—),男,副研究员,硕士,研究方向为橡胶树遗传育种。E-mail:278540721@qq.com

decreased continuously with the decrease of light intensity. Among them, the ground diameter and plant height under full light (L0) were the largest, significantly or extremely significantly higher than L1, L2, L3; moderate shading (L2) had a significant inhibitory effect on the ground diameter and plant height of rubber tree seedlings. Compared with full light (L0), the ground diameter and plant height decreased by 31.0% and 27.74%. With the increase of shading degree, the coefficient of variation of ground diameter and plant height of seedlings increased gradually, and the uniformity of the population decreased. The effect of shading on the net photosynthetic rate of rubber tree seedlings was consistent with the change trend of the growth index, that is, with the decrease of light intensity, the net photosynthetic rate (P_n) of leaves showed a significant downward trend. Under moderate shading (L2) the net photosynthetic rate of seedling leaves decreased by 51.89% compared with full light (L0). Moderate shading had a significant inhibitory effect on P_n and restricted seedling growth. In summary, the excessive shading environment formed by the banana canopy seriously restricted the early growth and photosynthetic physiological metabolism of 'Yunyan 272' under the planting mode of 'rubber + banana' in the same year. It is suggested that in production practice, the shading stress of banana canopy on rubber tree seedlings should be reduced by rationally configuring planting spacing or adopting the staggered planting mode, so as to ensure the light demand of rubber tree seedlings and improve the comprehensive benefits of intercropping mode.

Key words: *Hevea brasiliensis*; intercropping; shading; growth; photosynthetic characteristics; banana

天然橡胶作为我国重要的战略物资,广泛应用于工业制造、国防建设等多个关键领域,其稳定供给关乎经济安全与国防建设^[1-3]。然而,橡胶树幼龄期长且前期无经济收益,加之天然橡胶价格长期低迷、劳动力成本高等现实问题,严重制约了天然橡胶产业可持续发展,也影响了胶农种植的积极性。为提高橡胶林经济效益与土地利用效率,实现“以短养长”的经营目标,橡胶林下套作、间作模式已成为推动天然橡胶产业高质量发展、保障胶农增收的重要路径^[4-6]。合理套种、间作配置可实现光、热、水、肥等资源的分层利用,同时通过短期作物的收益弥补橡胶树幼林期无经济产出的短板,形成协同增效的生态种植体系^[7-8]。

在实际生产中,常选用香蕉(*Musa acuminata*)、菠萝(*Ananas comosus*)、珠芽魔芋(*Amorphophallus bulbifer*)、咖啡(*Coffea*)、斑兰(*Pandanus amaryllifolius*)、砂仁(*Amomum villosum*)等经济作物与橡胶树(*Hevea brasiliensis*)进行套种^[9-12]。其中,香蕉因其生长周期短、经济效益高、生态适应性较强,成为橡胶林下较为常见的套种作物。传统模式多采用“先植橡胶、后植香蕉”的模式,然而有部分胶农或农场为更早获得经济收益,将橡胶苗与香蕉苗同年定植。由于香蕉为大型草本植物,生长速度显著快于橡胶树幼苗,短期内会形成严重的冠层遮阴,这种不合理的套种配置显著改变了橡胶树幼苗的光环境,进而对其形态建成及生

理代谢过程产生不利影响。

云研 272 是云南省热带作物科学研究所选育的高产、多抗、速生型三倍体橡胶树新品种^[13],目前关于该品种在复杂光环境下生理适应性的研究较少。本研究以同年定植的云研 272 无性系幼苗和香蕉为研究对象,利用香蕉自然生长形成的不同遮阴度,研究该种植模式的光照条件对云研 272 苗期生长指标及光合生理参数的影响,旨在为该品种在复合种植模式中的应用及苗期栽培管理提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

试验地位于云南省热带作物科学研究所橡胶试验基地(22° 01' ~ 22° 03' N, 100° 47' ~ 100° 48' E)。供试材料为 2023 年 6 月用芽接籽苗定植的橡胶树新品种云研 272,株行距 2 m × 12 m;套种香蕉为抗枯萎病、高产优质品种,同年定植在橡胶保护带上,行距为 2 m × 2 m。

1.2 试验方法

1.2.1 光照梯度选择

依据香蕉与橡胶树的定植距离,选择了 4 种套种间距进行观测:L0,正常光照(无遮阴);L1,轻度遮阴(香蕉种植与橡胶树间隔 2 m,存在一定遮阴);L2,中度遮阴(香蕉种植与橡胶树间隔 1 m,有光斑透入);L3,重度遮阴(香蕉种植与橡胶

树间隔 0.5 m,几乎完全遮阴)。

1.2.2 光合参数测定

于 2025 年 2 月天气晴朗的上午 9:30—11:00,使用 LCpro-SD 便携式光合测定仪(ADC Bio-scientific Ltd.,英国)在自然光下,每种套种间距选择 3 株长势均匀且相对健壮的橡胶树植株,测定叶片气体交换参数,设定气体流速为 500 $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}$,相对湿度为 70%,温度和 CO_2 浓度与所测环境一致。测定时选择叶片中部,避开主脉,每片叶重复 3 次。测定指标包括:光照强度、净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、蒸腾速率(T_r)及胞间 CO_2 浓度(C_i)。根据测定值计算出瞬时水分利用效率($\text{WUE}_i=P_n/T_r$),叶肉瞬时羧化效率($\text{ICE}=P_n/C_i$)^[14]。

1.2.3 生长性状测定方法

同年 12 月测定橡胶树幼苗生长指标。株高:用塔尺测定每株橡胶树的高度,测量精度 0.1 m。地径:用游标卡尺测量橡胶树离地 10 cm 处的直径,测量精度 0.1 cm。

1.3 数据分析

采用 Excel 2016 软件进行数据录入、整理及图表绘制;采用 SPSS 20.0 统计软件,通过单因素方差分析(ANOVA)和多重比较(Duncan 法)进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 不同遮阴度下的光照强度

由表 1 可知,随着香蕉与橡胶树种植距离的缩小,光照强度呈现出极显著下降趋势($P < 0.01$)。其中,全光照下的(L0,CK)光强最高,为 1 356.25 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,极显著高于其他遮阴处理,其余各遮阴度间的光强差异也达到了极显著水平。与全光照(L0)相比,L1、L2、L3 光照强度的下降幅度依次为 39.48%、62.20%和 83.48%,表明随着套种间距的缩小,受香蕉植株遮阴的影响,橡胶种植带面上光照强度显著下降到较低值。

2.2 遮阴对橡胶树幼苗生长的影响

2.2.1 对地径生长的影响

随着遮阴度的上升,幼苗地径呈现出显著递

减的趋势,表现为 $L0 > L1 > L2 > L3$ (表 2),且 4 种遮阴处理的地径差异均达到显著($P < 0.05$)或极显著水平。全光照(L0)地径最大,极显著高于其他处理的地径;与 L0 相比,L1、L2、L3 的地径分别下降了 8.54%、31.0%、43.92%。从变异程度来看,地径的变异系数随着遮阴度的上升呈现先增后减的趋势。L0 的地径变异系数最低,表明全光照条件下幼苗生长较为整齐;L1、L2、L3 的地径变异系数相对较大,L2 的变异系数达到最大值,表明中度遮阴下个体间差异最大,群体整齐度最差。

表 1 不同遮阴度下的光照强度

编号	遮阴度	光照强度/ $[\mu\text{mol}\cdot(\text{m}^2\cdot\text{s})^{-1}]$
L0 (CK)	全光照	1 356.25±318.17A
L1	轻度遮阴	820.83±129.67B
L2	中度遮阴	512.60±121.42C
L3	重度遮阴	224.00±50.28D

注:同列不同大写字母表示在 0.01 水平上差异极显著。

表 2 不同遮阴度对幼苗地径的影响

遮阴度	样本量	平均值±标准差/	最小值/	最大值/	变异系数/
		cm	cm	cm	%
L0	36	55.03±7.15Aa	40.30	71.00	12.99
L1	39	50.33±8.25Bb	29.60	68.30	16.39
L2	39	37.98±10.63Cc	21.50	57.30	28.00
L3	39	30.86±5.42Dd	21.10	42.40	17.56

注:同列不同大写字母表示在 0.01 水平上差异极显著,不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著,下同。

2.2.2 对株高生长的影响

随着遮阴度的上升,幼苗株高呈现出极显著递减趋势(表 3)。株高均值表现为 $L0 > L1 > L2 > L3$,且 4 种处理的差异均达到显著水平。全光照(L0)的株高最高,极显著高于中度(L2)和重度遮阴(L3)。L1、L2、L3 的株高较 L0 分别下降 6.45%、27.74%、43.06%。

表 3 不同遮阴度对幼苗株高的影响

遮阴度	样本量	平均值±标准差/	最小值/	最大值/	变异系数/
		m	m	m	%
L0	36	6.20±0.55Aa	5.00	7.10	8.95
L1	39	5.80±0.75Ab	3.90	7.00	12.88
L2	39	4.48±1.25Bc	2.80	6.60	27.88
L3	39	3.53±0.81Cd	2.50	5.40	23.03

从变异程度来看,随着遮阴度的上升,橡胶树幼苗株高的变异系数呈现先增后减的趋势,与地径变化规律一致。全光照(L0)的变异系数最低,表明全光照条件下幼苗株高生长更为整齐;L1的变异系数较L0略有增加,L2、L3的株高变异系数相对较大,其中L2变异系数最大。

2.3 遮阴对云研272光合生理参数的影响

2.3.1 气体交换参数变化特征

随着遮阴度上升,云研272幼苗叶片的净光合速率(P_n)呈现极显著下降趋势(图1A)。全光照(L0)和轻度遮阴(L1)之间的 P_n 达到极显著差异,均极显著高于中度遮阴(L2)和重度遮阴(L3),L2和L3之间无显著差异。与L0相比,L1、L2、L3的 P_n 下降幅度依次为31.38%、51.89%和

58.06%,表明中、重度遮阴对 P_n 产生了明显的抑制作用。

随着遮阴度的上升,胞间二氧化碳浓度(C_i)整体呈上升趋势,与净光合速率(P_n)的变化趋势相反(图1B)。重度遮阴(L3)的 C_i 值最高,极显著高于除L2外的其他处理。与L0相比,L1、L2和L3的 C_i 值的增幅分别为8.77%、3.42%和19.52%。

随着遮阴度的上升,蒸腾速率(T_r)呈现逐渐下降趋势(图1C)。全光照(L0)的 T_r 值最高,轻度遮阴(L1)的 T_r 值略降低(较L0下降2.91%),二者之间无显著差异。中度遮阴(L2)、重度遮阴(L3)的 T_r 值较L0下降13.23%、32.74%,L2和L3差异不显著。L0、L1、L2的 T_r 值无显著差异,但L3的 T_r 值极显著低于L0和L1。

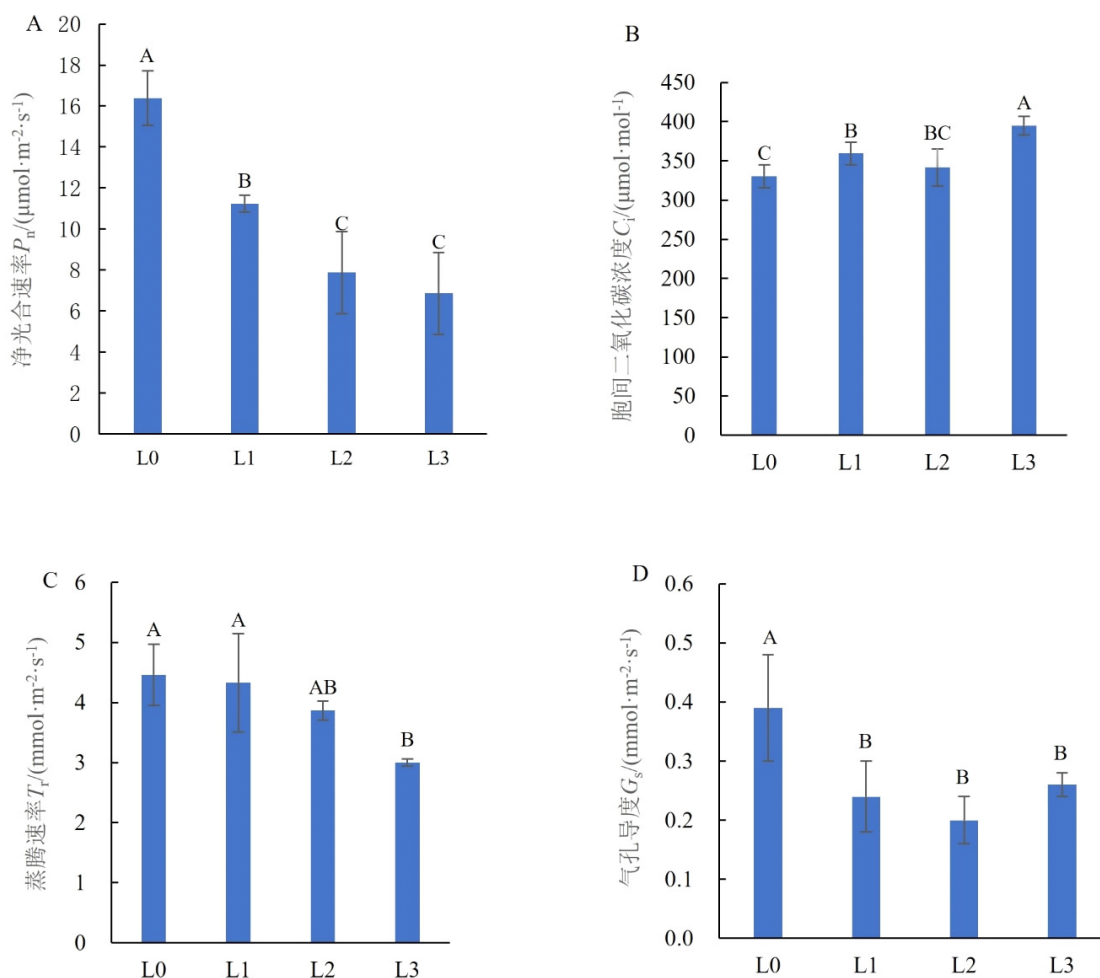


图1 不同遮阴度下云研272幼苗光合生理参数变化

注: 图中不同大写字母表示在0.01水平差异极显著。

随着遮阴度的上升,气孔导度(G_s)呈现先下降后略有回升的趋势(图1D)。全光照(L0)条件下的气孔导度(G_s)最高,极显著高于其他3个处理。与L0相比,L1、L2和L3的 G_s 值较分别下降38.46%、48.72%、33.33%,3个处理之间 G_s 值无显著差异。

2.3.2 水分与碳同化效率变化特征

遮阴显著影响了橡胶树叶片的水分利用与碳同化效率(表4)。随着遮阴度的上升,瞬时水分利用效率(WUEi)呈现先下降后略有回升的趋势,表现为L0>L1>L3>L2。其中,全光照(L0)条件下的WUEi最高,随着遮阴程度加深,WUEi持续下降,轻度遮阴(L1)和重度遮阴(L2)的WUEi较L0分别下降15.31%和33.55%。叶肉瞬时羧化效率(ICE)则持续递减,表现为L0>L1>L2>L3。全光照(L0)下ICE最高,重度遮阴(L3)下降至最低,L1、L2和L3的ICE较L0分别下降24.40%、44.20%和57.97%。

表4 不同遮阴处理下的WUEi和ICE

遮阴度	叶片瞬时水分利用效率 WUEi/ ($\mu\text{mol} \cdot \text{mmol}^{-1}$)	叶肉瞬时羧化效率 ICE/ ($\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)
L0	3.07	0.041 4
L1	2.60	0.031 3
L2	2.04	0.023 1
L3	2.29	0.017 4

3 讨论

3.1 遮阴对幼苗生长与整齐度的影响

地径是苗木木质化程度与物质积累量的重要指标,将直接影响橡胶树后续的防风抗倒能力和开割时间。本研究中,遮阴对云研272幼苗的生长具有显著的抑制作用,与L0相比,L1、L2、L3的地径分别下降8.54%、31.0%、43.92%,株高分别下降6.45%、27.74%、43.06%,表明橡胶树幼苗的地径、株高生长对光照强度变化极为敏感,遮阴显著抑制了地径、株高的生长,且遮阴程度越重,抑制作用越明显。L2、L3的橡胶树幼苗地径、株高的变异系数显著增大,其中L2的变异系数达到最大,这说明中度遮阴已对植株生长产生影响,导致橡胶树幼苗整齐度下降。

3.2 遮阴对云研272光合生理特性的影响

净光合速率(P_n)是衡量植物光合能力的关键

指标。本研究表明云研272幼苗的 P_n 随着遮阴度的上升呈现出显著的递减趋势。L2和L3的 P_n 差异不显著,说明当中度遮阴水平时,该品种幼苗的光合功能已接近生理阈值。在重度遮阴(L3)条件下, P_n 降至最低值,表明极端弱光环境严重抑制了该橡胶树无性系幼苗的碳同化与物质积累能力,这一结果与桫欏(*Alsophila spinulosa*)、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、火力楠(*Michelia macclurei*)等物种的研究结果相似^[15-17]。

随遮阴程度增加,胞间二氧化碳浓度(C_i)与净光合速率(P_n)整体呈现出相反的变化特征,即当 P_n 下降时, C_i 反而上升。这可能是由于气孔限制减弱或光合作用碳同化能力下降导致 CO_2 在叶肉细胞间隙中积累。

气孔导度(G_s)作为衡量气孔开放程度的指标,直接影响叶片对 CO_2 的吸收以及水分的蒸腾,进而对光合和蒸腾作用起到调控作用^[18]。 G_s 对光环境的变化表现出较高的敏感性。当遮阴度上升时,L1、L2和L3的 G_s 值较L0分别下降38.46%、48.72%、33.33%。结合 P_n 和 C_i 的响应分析,发现在轻度和中度遮阴下, G_s 显著下降导致气孔部分关闭,增加了 CO_2 进入叶片的阻力,成为光合速率下降的气孔限制因素;而在重度遮阴下, G_s 略有回升,但 P_n 仍持续走低且 C_i 显著升高,进一步印证了非气孔因素成为重度遮阴下光合作用受限的主导原因。这一表现与南京椴(*Tilia miqueliana*)的相反(在强光下为非气孔因素,弱光下为气孔因素)^[19],说明不同树种对遮阴的光合响应机制存在差异。

随着遮阴度上升,蒸腾速率(T_r)逐渐下降,变化趋势与 G_s 的表现基本一致,这可能是遮阴导致气孔部分关闭,减少了水分的蒸腾,与遮阴下杉木的表现一致^[16],但与桫欏的表现相反^[20],反映了不同物种对弱光环境的适应策略差异。

3.3 遮阴对水分及碳利用效率的影响

水分利用效率(WUEi)与瞬时羧化效率(ICE)分别从水碳平衡和酶促反应角度反映了植物对资源的利用策略。本研究显示,云研272的WUEi随着遮阴度的上升呈现出先下降、后略微回升的态势。在遮阴度较低时(L0、L1),较高的 P_n 与较

高 T_i 同时存在,使得 WUE_i 维持在相对较高的水平,表明在强光环境中,橡胶树幼苗在积极开展光合作用的同时,其水分利用效率也较高。而遮阴度升至 L2 时, P_n 显著下降,而 T_i 的降幅相对较为缓慢,导致 WUE_i 降至最低;在重度遮阴(L3)条件下, WUE_i 略有回升,这可能是橡胶树幼苗叶片通过降低蒸腾速率的自我调节机制,缓解了光合受限所带来的水分利用低效问题^[21]。

ICE 则随遮阴程度的加剧呈持续下降趋势,光照强度减弱会致使光合电子传递效率下降,ATP 与 NADPH 合成不足,进而限制 Rubisco 酶的羧化活性,同时叶肉细胞碳同化的底物供应和能量支撑不足,最终导致 ICE 持续降低。这与薄壳山核桃(*Carya illinoensis*)的表现一致^[22]。L0 的 ICE 达到最高值,表明在全光照环境中,叶肉细胞的羧化反应效率达到最佳状态,碳同化潜力最强。遮阴会显著抑制叶肉细胞的光合羧化活性,并且抑制程度会随着遮阴程度的加剧而增强。

4 结论

在“橡胶+香蕉”同年定植模式下,香蕉冠层形成的过度遮阴使云研 272 幼苗的地径和株高生长均受到显著抑制,且遮阴增强,幼苗生长整齐度下降,株间变异增大,仅轻度遮阴对株高生长的抑制作用相对较弱。同时,遮阴严重制约云研 272 幼苗的光合生理功能与生长发育,且遮阴程度越强,抑制效应越明显。因此,在生产中,若采用“橡胶+香蕉”同年定植模式,必须严格控制二者的种植间距(建议与橡胶树保持 2 m 以上间隔);或者采用“错期定植”模式,即在橡胶树幼苗定植 1~2 a 后,待其形成一定的株高优势后再进行香蕉套种,以保证橡胶树幼苗生长的光环境需求,平衡好短期经济收益与橡胶树长期健康生长的关系。

参考文献:

- [1] 金华斌,田维敏,史敏晶. 我国天然橡胶产业发展概况及现状分析[J]. 热带农业科学,2017,37(5):98-104.
- [2] 刘锐金,刘东,莫业勇. 海南省天然橡胶边境保护和产业支持政策研究[J]. 南海学刊,2023,9(2):80-89.
- [3] 吴裕,毛常丽,张凤良,等. 云南山地橡胶树育种技术发展历程与趋势[J]. 热带农业科技,2026,49(1):70-75.
- [4] 吴红萍,金映虹,陈喜蓉. 海南发展橡胶林下经济的现

- 状、问题与对策[J]. 热带林业,2022,50(1):10-14.
- [5] 申丹艳,高静,邱苏晗,等. 海南省天然橡胶林下经济发展现状及建议[J]. 热带农业科技,2024,47(1):41-45.
- [6] 马红治. 生态-经济协同视角下林下经济研究进展与展望[J]. 世界林业研究,2025,38(6):88-94.
- [7] 马素芸,岩所,朱厚伟,等. 间套作条件下谢君魔芋(*Amorphophallus xiei*)光能力及能量分配特征[J/OL]. 生态学杂志,2025-10-21. <https://link.cnki.net/urlid/21.1148.Q.20251021.1139.002>.
- [8] 郭晴雨,杨硕,毛辉,等. 药烟复合种植模式研究进展与发展对策[J]. 作物研究,2025,39(6):581-586.
- [9] 张乐,李镇东,任明迅. 热带地区农林复合系统的主要类型及发展趋势[J]. 热带生物学报(中英文),2025,16(6):939-948.
- [10] 畅婉洁. 云南西双版纳推进橡胶林下种植可可[J]. 民生周刊,2024(25):62-63.
- [11] 袁志能,赵双双,徐杨玉,等. 天然橡胶林下种植珠芽魔芋发展展望[J]. 热带农业工程,2025,49(4):104-107.
- [12] 鱼欢,闫露,张昂,等. 海南斑兰叶产业发展的优势与前景分析[J]. 中国热带农业,2024(6):16-19,34.
- [13] 杨焱,吴裕,赵祺,等. 6个橡胶树优树无性系阶段性综合评价[J]. 西部林业科学,2024,53(4):65-71.
- [14] 李小琴,张凤良,穆洪军,等. 5个橡胶树品种苗期冬季光合生理特性变化研究[J]. 热带农业科技,2024,47(1):46-50.
- [15] 李腾敏,饶丹丹,陈彧,等. 不同光照强度对桫欏幼苗生理特性的影响[J]. 林草资源研究,2025(3):27-37.
- [16] 王兆勇. 遮荫对杉木幼苗光合生理特性及生长的影响[J]. 福建林业科技,2025,52(3):131-138,144.
- [17] 韦中绵,覃德文,吴敏,等. 不同光照强度对火力楠幼苗生长及生理特性的影响[J]. 西部林业科学,2018,47(2):48-53.
- [18] 杨润深,黄湘琪,陈玉婷,等. 不同种源观光木苗期表型变异及其与地理-气候因子的相关性[J/OL]. 中南林业科技大学学报,2026-01-14. <https://link.cnki.net/urlid/43.1470.S.20260113.2301.004>.
- [19] 张禹琪,沈永宝. 遮阴对南京椴容器苗叶片性状和光合生理的影响[J]. 中南林业科技大学学报,2025,45(1):58-69.
- [20] 刘雯雯,饶丹丹,吴二焕,等. 遮阴对桫欏幼苗的叶片性状及光合特性的影响[J]. 山西农业大学学报(自然科学版),2024,44(2):52-62.
- [21] 钟平安,邵东,黄英金,等. 不同光环境下辣椒光合特性和瞬时水分利用效率[J]. 生态学杂志,2019,38(7):2065-2071.
- [22] 刘壮壮,骆敏,彭方仁,等. 不同品种薄壳山核桃光合及快速叶绿素荧光诱导动力学特性[J]. 东北林业大学学报,2017,45(4):36-42.