

低温胁迫下不同光照条件对橡胶树耐寒性及光合特征的影响

李文秀¹, 许英权¹, 贺军军^{1*}, 张华林¹, 罗萍¹, 施云凤²

(1. 中国热带农业科学院湛江实验站/广东省旱作节水农业工程技术中心, 广东湛江 524091; 2. 云南农业大学热带作物学院, 云南思茅 665099)

摘要 [目的]探讨低温胁迫下不同光照对橡胶树品种热研 7-33-97 和湛试 327-13 耐寒性和光合特征的影响, 为橡胶树抗寒性研究及抗寒选育种提供参考。[方法]对橡胶树品种湛试 327-13 和热研 733-97 进行低温胁迫, 在不同光照条件下, 调查平均回枯率和发芽率, 测定叶绿素含量和荧光值, 分析不同光照条件下的耐寒性和光合特征差异。[结果]热研 7-33-97 和湛试 327-13 的平均回枯率分别在 50%~96% 和 87%~100%; 发芽率分别为 7%~60% 和 0~33%; 叶绿素含量变化处于 40~60。不同光照处理的热研 7-33-97 和湛试 327-13 荧光值变化差异较小, 两者差异不显著。[结论]光照强度差异会影响橡胶树的耐寒性, 相比于湛试 327-13, 光照条件对热研 7-33-97 的耐寒性影响更大; 随着光照强度的提高, 两者的叶绿素含量都会降低, 但光照强度变化对叶绿素含量和荧光值的影响不大。

关键词 橡胶树; 光照; 光合特征; 耐寒性

中图分类号 S718 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2023)04-0092-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.04.022



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of Different Light Conditions on Cold Tolerance and Photosynthetic Characteristics of *Hevea brasiliensis* under Low Temperature Stress

LI Wen-xiu, XU Ying-quan, HE Jun-jun et al (Zhanjiang Experimental Station of Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences/ Guangdong Dry Farming Water Saving Agricultural Engineering Technology Center, Zhanjiang, Guangdong 524091)

Abstract [Objective] To explore the effects of different light on cold tolerance and photosynthetic characteristics of *Hevea brasiliensis* varieties CATAS 7-33-97 and Zhanshi 327-13 under low temperature stress, so as to provide reference for cold resistance research and cold resistant breeding of *Hevea brasiliensis*. [Method] The *Hevea brasiliensis* varieties Zhanshi 327-13 and CATAS 7-33-97 were subjected to low temperature stress. Under different light conditions, the average withering rate and germination rate were investigated, the chlorophyll content and fluorescence value were measured, and the differences of cold tolerance and photosynthetic characteristics under different light conditions were analyzed. [Result] The average return to dryness rates of CATAS 7-33-97 and Zhanshi 327-13 were 50%~96% and 87%~100% respectively; the germination rate was 7%~60% and 0%~33% respectively; the changes of chlorophyll content are between 40 and 60. There was little difference between the fluorescence values of thermal research 7-33-97 and Zhanshi 327-13 under different light treatments, and the difference analysis between them did not reach a significant level. [Conclusion] The difference of light intensity will affect the cold tolerance of *Hevea brasiliensis*. Compared with Zhanshi 327-13, the light conditions have a greater impact on the cold tolerance of CATAS 7-33-97; with the increase of light intensity, the chlorophyll content of both will decrease, but the change of light intensity has little effect on the chlorophyll content and fluorescence value.

Key words *Hevea brasiliensis*; Light; Photosynthetic characteristics; Cold tolerance

橡胶树(*Hevea brasiliensis*)为大戟科(Euphorbiaceae)橡胶树属(*Hevea*)多年生热带雨林乔木树种,原产于巴西亚马逊河流域,橡胶树产生的乳状汁液是可再生的天然橡胶,具有良好的绝缘性、耐磨性和可塑性,是重要的工业原料和战略性资源^[1]。橡胶树是一种典型的热带雨林树种,对低温较为敏感。虽然橡胶树在我国引种成功并大面积种植,但我国橡胶树种植仍受低温寒害影响^[2]。光是植物光合作用的来源^[3]。植物对光能的吸收主要通过调节叶绿素进行捕光^[4],光强过低或过高都会抑制其生长发育和光合作用^[5]。除此之外,有研究表明,不同的光照条件下植物的耐寒性会有所差异^[6]。

目前,不同光照条件对橡胶树光合特性的研究总体认为橡胶树随着光照强度增加,光合效率提升。如王立丰等^[7]研

究表明,随着光照强度的增加,橡胶树淡绿期叶片的光化学效率和过氧化物含量呈上升趋势,在 200~400 μmol/(m²·s)比较适合橡胶树的生长发育。魏丽萍等^[8]研究发现,不同光照强度对橡胶树的叶片解剖结构和生长均产生了相应程度的影响,但 50% 以上的较强光环境条件下生长更好。相比于橡胶树,在其他作物上研究不同光照条件对植物光合特性的影响相对较多,大多数研究表明,在弱光条件下,植物叶片表现变薄,光合性能发生变化,通过降低光补偿点和暗呼吸速率并增强对光的捕获,以提高光合效率^[9-10]。如李玲等^[11]研究了不同光照条件下 3 个冬青属树种的光合特性日变化,结果表明,净光合速率表现为全光照>透光率 45%>透光率 20%。孙晓阳等^[12]比较几种垂吊花卉在不同光照条件下的光合特性,综合分析得出叶绿素总含量随光照强度的减弱而增大。而不同光照条件下耐寒性的差异在不同植物上却不尽相同,付文奇等^[13]研究发现,不同生境下八角金盘的抗寒性强弱表现为半阴>全光>全阴。周文杰^[14]以 3 年生曼地亚红豆杉为材料,研究发现不同光照条件下的曼地亚红豆杉抗寒力发生了变化,其变化表现为自然光>1 层遮阴>2 层遮阴。樊荣辉等^[15]以 18 个月鹤望兰为材料,研究表明不同光照条件下的鹤望兰抗寒力由强到弱依次为夏季遮阴、全年自然光、全年遮阴。然而,有关不同光照条件下橡胶树耐寒性研

基金项目 国家重点研发计划项目“橡胶树抗寒高产品种改良”(2019YFD1001102);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项“基于 SNP 分子标记建立橡胶树抗寒评价体系”(1630102022001);海南省自然科学基金项目“橡胶树抗寒性 QTL 定位及候选基因筛选”(321QN347);国家天然橡胶产业技术体系湛江综合试验站(CARS-33-GD2)。

作者简介 李文秀(1993—),男,广东揭阳人,助理研究员,从事种质资源评价与鉴定研究。*通信作者,副研究员,从事资源收集、鉴定与评价研究。

收稿日期 2022-03-27;修回日期 2022-06-06

究尚鲜见报道。笔者以橡胶树品种热研 7-33-97 和湛试 327-13 为试材,研究低温胁迫下不同光照条件对橡胶树的光合特性和耐寒性的影响,旨在为橡胶树栽培及抗寒选育种提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料 选用生长健壮的 GT1 为砧木,于健康母株上选取湛试 327-13 和热研 7-33-97 生长饱满的芽片作为接穗,嫁接到 GT1 砧木上,待接穗成活后,据掉树桩,使接穗快速生长,按照橡胶树栽培管理规程进行抚育管理,湛试 327-13 和热研 7-33-97 各选取 11 批橡胶苗,每批 15 株。由于湛试 327-13 和热研 7-33-97 芽接时间不一致,对 2 个材料的株高和茎粗进行测量,测得热研 7-33-97 芽接苗平均株高为 55.44 cm,平均茎粗为 7.39 cm;湛试 327-13 的平均株高为 32.50 cm,平均茎粗为 5.14 cm。

1.2 试验方法 采用人工冷冻气候室进行 4℃ 低温处理,处理时间为 48 h,2 个周期,光照和黑暗分别 12 h,光照强度 0~100%,用 1~11 表示,梯度为 10%。处理完成后用尺子测量每株苗的接穗高度;每株苗选取健康的 3 个叶片用 SPAD502 叶绿素仪测定叶绿素值,用荧光仪 Mini-pam-2 测定荧光值,测算不同光照梯度的平均叶绿素值和平均荧光值。回温 20 d 后测量每株苗回枯变褐的长度,观察记录每株苗的发芽情况。测定每株材料的回枯率:回枯率=回枯长度(cm)/接穗高度(cm),并求出不同光照梯度的平均回枯率;计算不同光照梯度的发芽率:发芽率=发芽株数/植株总数。

1.3 数据分析 采用 Excel 2016 进行数据整理和制图,用 SPSS 21 进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 不同光照条件下热研 7-33-97 和湛试 327-13 的耐寒性 在低温胁迫下,光照强度差异会影响橡胶树的耐寒性。从图 1 可知,热研 7-33-97 的平均回枯率波动较大,在 50%~96% 波动;光照强度为 0 时最低,平均回枯率为 50%,光照强度为 40% 时,回枯率最高,达 96%。湛试 327-13 在不同光照条件下平均回枯率的波动不大,在 87%~100%。由此可见,不同光照条件对橡胶树的耐寒性存在影响,相比于湛试 327-13,光照条件对热研 7-33-97 的耐寒性影响更大。同时,在光照强度为 20% 和 70% 时,热研 7-33-97 和湛试 327-13 的平均回枯率均有所降低,说明光照强度为 20% 和 70% 时,二者的耐寒性相对较强。

低温胁迫后,不同光照条件也会影响橡胶树的发芽率。从图 2 可知,热研 7-33-97 的发芽率在不同光照条件下波动较大,为 7%~60%,湛试 327-13 的发芽率波动较小,为 0~33%,说明热研 7-33-97 的发芽率受光照条件的影响较大,湛试 327-13 的发芽率受光照条件的影响较小。除了黑暗环境,在光照强度为 20% 和 70% 时,热研 7-33-97 和湛试 327-13 的发芽率均达到高峰,说明在这 2 个光照强度下,二者的恢复生长能力相对较好。

2.2 不同光照条件下热研 7-33-97 和湛试 327-13 的光合特征 低温胁迫下,不同光照条件下热研 7-33-97 和湛试

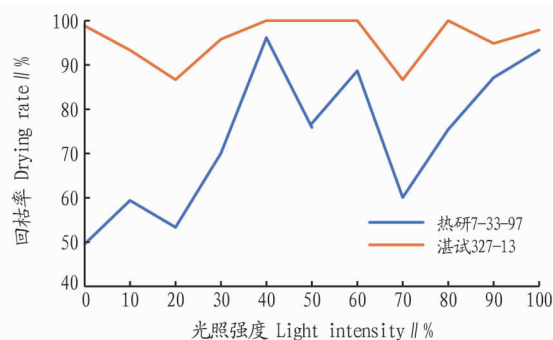


图 1 不同光照条件下热研 7-33-97 和湛试 327-13 的平均回枯率变化

Fig.1 Changes in the drying rate of CATAS7-33-97 and Zhan-shi327-13 under different lighting conditions

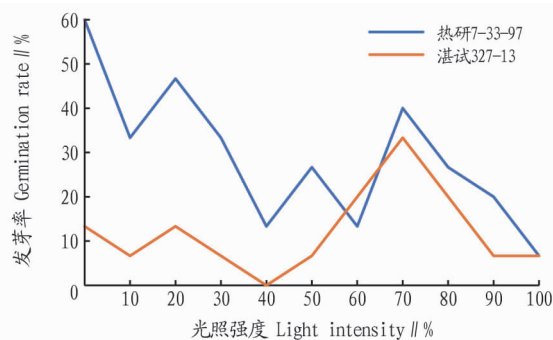


图 2 不同光照条件下热研 7-33-97 和湛试 327-13 的发芽率变化

Fig.2 Changes in germination rate of CATAS7-33-97 and Zhan-shi327-13 under different light conditions

327-13 叶绿素含量变动幅度不大。从图 3 可知,热研 7-33-97 和湛试 327-13 叶绿素含量变化为 40~60,围绕 50 上下波动。其中,热研 7-33-97 叶绿素含量最小值为 47.12,最大值为 59.30,均值为 50.83;而湛试 327-13 叶绿素含量最小值为 40.50,最大值为 53.99,均值为 48.69。总体来看,热研 7-33-97 和湛试 327-13 叶绿素含量大致相同,但热研 7-33-97 叶绿素含量略高于湛试 327-13,说明光合作用潜力略优于湛试 327-13。

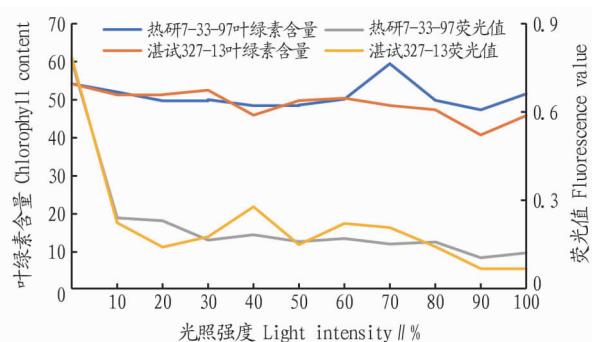


图 3 不同光照条件下热研 7-33-97 和湛试 327-13 的叶绿素含量及荧光值变化

Fig.3 Changes in chlorophyll content and fluorescence value of CATAS7-33-97 and Zhanshi327-13 under different light conditions

低温胁迫后,不同光照处理的热研 7-33-97 和湛试 327-13 荧光值变化差异较小。从图 3 可知,在黑暗处理条件下,

热研 7-33-97 和湛试 327-13 的荧光值达到最大潜力值,分别为 0.77 和 0.78。随着光照强度的增大,热研 7-33-97 荧光值总体呈下降趋势,而湛试 327-13 荧光值变化幅度有所起

伏。方差分析表明,两者差异不显著,说明热研 7-33-97 和湛试 327-13 荧光值的差异不大(表 1)。

表 1 光合特征参数描述性统计及差异性比较
Table 1 Descriptive statistics and difference comparison of photosynthetic characteristic parameters

指标 Index	试材 Test materials	最小值 Minimum	最大值 Maximum	均值 Mean	极差 Range	标准差 Standard deviation	变异系数 Coefficient of variation	差异显著水平 Significant difference level
叶绿素含量 Chlorophyll content	热研 7-33-97	47.12	59.30	50.83	12.17	3.38	0.06	a
	湛试 327-13	40.5	53.99	48.69	13.49	3.79	0.07	a
荧光值 Fluorescence value	热研 7-33-97	0.10	0.77	0.22	0.66	0.18	0.83	b
	湛试 327-13	0.06	0.78	0.22	0.71	0.19	0.88	b

注:同列相同小写字母表示不同品种间差异不显著($P>0.05$)。
Note:The same lowercase letter in the same column indicate no significant difference between different varieties($P>0.05$).

3 讨论与结论

橡胶树为典型的热带作物,对低温较为敏感,虽然在我国大面积种植,但每年仍然会受到寒害的影响,因此抗寒选育种仍是我国橡胶树育种的首要任务之一。根据寒害发生的天气条件,可将其分为平流型、辐射型和混合型寒害,而平流型寒害对橡胶树影响最大^[16],平流型寒害常常伴随着光照的出现,但是平流型下的不同光照强度对植物的影响并不相同^[13]。因此,笔者利用人工气候室模拟平流型天气,分析不同光照强度对橡胶树的影响,结果发现即使同一批次、同一光照条件的材料也会出现寒害结果不一致的情况,原因可能是所使用的材料由于嫁接时间和生长强弱出现了差别。王建霄^[17]研究认为,低温设备及对材料的处理缺乏一个整体系统,模拟的寒害气候特点和材料生理状态会有所不同,从而使材料寒害结果不统一。因此,建议后续抗寒试验中,尽量选择生长较为一致的试验材料。

该研究发现,低温胁迫下光照强度会影响橡胶树的抗寒性。随着低温胁迫光照强度的变化,热研 7-33-97 和湛试 327-13 的平均回枯率和发芽率都出现了相应的变化,相比较而言,热研 7-33-97 的变化幅度更大,说明低温胁迫中的光照强度会影响橡胶树的耐寒性,相比于湛试 327-13,热研 7-33-97 对光照强度更为敏感。同时,在光照强度为 0~30%,2 个橡胶树品种的耐寒性相对较好,反映在橡胶树种植栽培中,相对窄行弱光照强度的种植行距能提高橡胶树的抗寒性。另外,对比热研 7-33-97 和湛试 327-13 的平均回枯率和发芽率发现,热研 7-33-97 的抗寒性优于湛试 327-13,原因可能是热研 7-33-97 芽接苗相对较大,茎粗更大,因此表现出更强的抗寒性,说明苗的大小也会影响抗寒性的强弱。

从光合特性参数来看,随着光照强度的增强,2 个橡胶树品种的叶绿素含量和荧光值都会降低。原因可能是在高光强的环境中,叶片具有阳生型的叶绿体,叶绿体的基粒有很少的基粒片层^[18]。另外,也有研究发现,在遮阴弱光条件下,植物叶绿体片层垛叠较为松散,间质类囊体逐渐增多,叶

绿素含量逐渐提高^[19]。但总体来说,随着光照强度的增强,叶绿素含量和荧光值随之减少,但减少的幅度比较有限,说明低温胁迫下光照强度对橡胶树的光合作用影响较小。

参考文献

[1] WANG X,LIU W C,ZENG X W,et al.HbSnRK2.6 runctions in ABA-regulated cold stress response by promoting HbICE2 transcriptional activity in *Hevea brasiliensis*[J].International journal of molecular sciences,2021,22(23):1-20.

[2] TANG X,WANG Q C,YUAN H M,et al. Chilling-induced DNA Demethylation is associated with the cold tolerance of *Hevea brasiliensis*[J].BMC plant biology,2018,18(1):1-16.

[3] PROVENIERS M C G. Light control of plant development[J].Annual review of cell and developmental biology,1996,13(1):203.

[4] MAXWELL K,MARRISON J L,LEECH R M,et al.Chloroplast acclimation in leaves of *Guzmania monostachia* in response to high light[J].Plant physiology,1999,121(1):89-96.

[5] 李向义,鲁艳,张爱林.不同玫瑰品种叶绿素荧光参数对比研究[J].安徽农业科学,2022,50(1):50-54.

[6] 何康,黄宗道.热带北缘橡胶树栽培[M].广州:广东科技出版社,1987.

[7] 王立丰,陆艳茜,邓玉杰.光照强度对巴西橡胶树淡绿期叶片光合特性和活性氧代谢的影响[J].热带作物学报,2014,35(6):1131-1136.

[8] 魏丽萍,田耀华,周会平,等.遮荫处理对不同品种橡胶树叶片解剖特征和生长的影响[J].热带作物学报,2019,40(1):45-53.

[9] 许中旗,黄选瑞,徐成立,等.光照条件对蒙古栎幼苗生长及形态特征的影响[J].生态学报,2009,29(3):1121-1128.

[10] 周治国,孟亚利,施培.苗期遮荫对棉苗茎叶结构及功能叶光合性能的影响[J].中国农业科学,2001,34(5):519-525,583.

[11] 李玲,桂明春,管艳,等.恢复生长与电导法结合分析橡胶树抗寒性研究[J].热带作物学报,2021,42(2):370-377.

[12] 孙晓阳,申凤娟,王鹏,等.几种垂吊花卉在不同光照条件下光合特性的比较研究[C]//张启翔.中国观赏园艺研究进展 2018.北京:中国林业出版社,2018:312-316.

[13] 付文奇,马延康,王亚玲,等.不同光照条件下八角金盘的抗寒性[J].西北农业学报,2009,18(4):181-184,196.

[14] 周文杰.不同光照条件下曼地亚红豆杉的抗寒力变化[J].衡水师专学报,2003,5(2):47-49.

[15] 樊荣辉,黄敏玲,林兵,等.不同光照条件对鹤望兰抗寒性影响[J].中国农学通报,2018,34(24):154-158.

[16] 林位夫.2008 年强平流降温橡胶树寒害分析[J].世界热带农业信息,2008(11):23-24.

[17] 王建霄.橡胶树低温胁迫应答的生理和分子机制研究[D].海口:海南大学,2016.

[18] PASTENES C,HORTON P. Effect of high temperature on photosynthesis in beans (II. CO₂ assimilation and metabolite contents)[J].Plant physiology,1996,112(3):1253-1260.

[19] 周忆堂,马红群,梁丽娇,等.不同光照条件下长春花的光合作用和叶绿素荧光动力学特征[J].中国农业科学,2008,41(11):3589-3595.