

文章编号:1001-7380(2019)05-0008-06

遮荫处理对高温胁迫下4种栎树幼苗光合生理的影响

董筱昀,黄利斌,吕运舟,孙海楠,梁珍海

(江苏省林业科学研究院,江苏 南京 211153)

摘要:以纳塔栎、舒马栎、樱皮栎这3种北美栎树和栓皮栎为材料,研究在夏季高温胁迫下不同遮荫措施对栎树容器幼苗光合生理的影响,结果表明:4种栎树净光合速率和气孔导度呈上午高、下午低,胞间 CO_2 浓度呈早晚高、午间低,蒸腾速率呈午间高、早晚低的日变化趋势。在20%和50%透光率处理下,3种外来栎树的净光合速率日变化呈现“单峰”型,峰值出现在9:00—11:00,但栓皮栎呈“双峰”型;在70%透光率和全光照(CK)处理下,4种栎树的净光合速率日变化基本上呈“双峰”型,最大峰值在7:00—9:00。4种栎树幼苗的气孔导度和胞间 CO_2 浓度与气温呈显著负相关,纳塔栎的净光合速率与气温和光照强度有显著负相关性。在夏季高温胁迫下,50%左右透光率的中度遮荫处理可以显著提高4种栎树的净光合速率,促进苗木的生长。

关键词:北美栎树;光合生理;夏季高温;遮荫;容器苗;气孔导度

中图分类号:Q945.11;Q945.78;S792.18

文献标志码:A **doi:**10.3969/j.issn.1001-7380.2019.05.002

栎树是壳斗科(Fagaceae)栎属(*Quercus* L.)树种的统称,全世界约有450—600种,广泛分布于亚洲、欧洲和北美洲,是北半球温带和亚热带森林群落的优势树种。栎树在珍贵用材、林副产品、生态、景观、文化等方面具有重要价值^[1-2]。近年来,我国对栎树资源的培育日益重视,尤其是北美栎树的引种栽培发展十分迅速^[3-4]。光合作用是植物吸收太阳能、同化 CO_2 和水从而积累干物质的重要生理过程,是植物生长发育的基础。光照和温度是影响植物光合作用的主要环境因子,已有研究表明,夏季高温强光会对一些树种幼苗的光合作用产生抑制作用,适度遮荫有利于促进苗木的生长发育^[5-7]。目前,对于引种北美栎树的光合生理特性、遮荫措施和对引种纳塔栎(*Q. texana*)容器育苗生长的影响等已有相关研究报道^[8-10],但对于栎树育苗过程中遮荫措施对夏季高温胁迫下幼苗的光合生理反应等未见报道。本文以引自北美的纳塔栎、舒马栎(*Q. shumardii*)、樱皮栎(*Q. pagoda*)以及乡土栎树种栓皮栎(*Q. variabilis*)为材料,研究夏季高温胁迫下不同遮荫措施对幼苗光合参数的影响,旨在探讨不同北美栎树对夏季高温强光的抗逆生理特性,并为制定合理的栎树育苗和造林技术措施提供理论

依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验在南京市江宁区江苏省林业科学研究院内育苗地进行。试验地气候情况参见文献[4]。供试的4种栎树分别为纳塔栎、舒马栎、樱皮栎和对照树种栓皮栎,前3种栎树种子引自美国路易斯安那州,栓皮栎种子采自江苏省林业科学研究院山林。2017年春季将经催芽的种子播入无纺布容器袋中,容器规格口径12 cm、高度15 cm,育苗基质组成及其体积百分数为50%苗圃表土+40%泥炭+10%珍珠岩。于7月下旬幼苗生长高度35—45 cm时进行测定。

1.2 试验处理

于7月上旬进入高温季节时进行遮荫处理,在育苗场上方2 m处搭设荫棚,每个处理空间占地长5 m,宽2.5 m,白天在上方及四周覆盖遮阳网,晚间揭开。共设4个处理,分别为覆盖透光率70%(轻度遮荫)、50%(中度遮荫)和20%(重度遮荫)的3种不同透光度的遮阳网和全光照对照(CK)。

收稿日期:2019-08-14;修回日期:2019-08-30

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金项目“彩叶观赏北美红栎新品种选育”[CX(16)1033];江苏省重点研发计划(现代农业)项目“优质用材及观赏北美栎树良种选育”(BE2015370);江苏省林业科学研究院自主科研项目“北美红栎遗传多样性研究”(BM2018022-3)

作者简介:董筱昀(1983-),女,河南正阳人,助理研究员,硕士。研究方向:林木新品种培育。

1.3 测定方法

于7月26日和27日连续2个晴朗无云的高温天气进行光合测定。每个树种每个处理选择3株生长健壮幼苗,每株苗木测定3片成熟叶片(一般为顶端以下第3—5片叶子),每次测定的苗木和叶片部位基本一致,自7:00至17:00,每隔2h测定1次,采用LI-6400便携式光合仪,利用标准叶室,设置空气流速为400 $\mu\text{mol/s}$,测定净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、胞间 CO_2 浓度(C_i)和蒸腾速率(Tr)等4个光合参数。同时,用普通气温计和照度仪记录不同处理条件下各测定时间点的温度和光照强度。由于试验树种和处理较多,同台仪器完成同个时间点的测定存在一定的先后时间差,在测定时将第2天测定的处理顺序与第1天相反,取测定数据均值,尽量减少试验误差。比如,测定7:00整的光合时,不同处理全部测完一般要从6:50测到7:10,先测的和后测的由于时间点不同,其测定结果有一定的误差,而通过连续2d不同顺序的测定安排,可以得到一定程度的校正。如第1天第1个处理在6:50测定,而第2天将这个处理排在最后7:10测定,然后取其平均值,这样测定结果较接近7:00的值。

2 结果与分析

2.1 不同遮荫处理下气温和光照强度的日变化

由图1可知,不同遮荫处理的气温、光照强度日变化规律相似,呈单峰型。全天气温变化为7:00最低,随后逐渐升高,13:00出现峰值,全光对照的气温峰值达43℃,17:00时仍保持较高的温度。全天光照强度变化为7:00和17:00最低,13:00出现峰值,全光照的光照强度峰值达61 100 lx。遮荫处理对降低气温和光照强度的作用明显,与全光对照相比,70%、50%和20%这3种透光率处理对全天各时间点的降温幅度分别达1—2、2.5—4.5、4—6℃,对全天各时间点光照强度的降低幅度分别为50%、75%和80%左右。

2.2 不同遮荫处理下光合参数的日变化

2.2.1 净光合速率 由图2可知,4种栎树幼苗的全天净光合速率变化总体上呈现上午较高、下午较低,遮荫处理较高、全光照较低的变化趋势,但不同树种对遮荫处理的反应存在一定的差异。纳塔栎全天净光合速率均值以20%和50%的透光率处理较高,其次为70%透光率处理,全光对照最低,尤其在午后高温强光时段,全光对照的净光合速率很

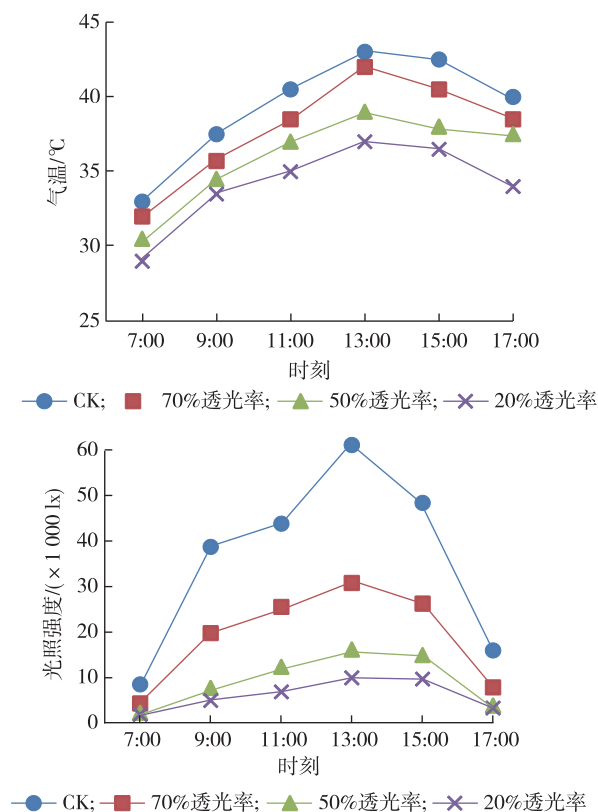


图1 不同遮荫条件下气温和光照强度的日变化

低,20%和50%透光率处理的净光合速率高于70%透光率处理和全光照,说明纳塔栎幼苗对夏季高温强光的抗性较差,夏季中度或重度遮荫可以大幅度提高纳塔栎幼苗的净光合速率。舒马栎净光合速率变化,上午时段50%透光率处理最高,20%透光率处理略高于全光对照,下午时段70%透光率处理较高。由此可见,舒马栎幼苗对夏季高温强光的适应性较强,中度或轻度遮荫可以提高舒马栎的净光合速率。樱皮栎净光合速率在7:00—9:00,20%透光率处理较低,午间时段全光对照和70%透光率处理较低,但全光照分别在9:00和15:00出现2个峰值,说明樱皮栎对夏季高温强光也有一定的抗性,中度遮荫可以提高樱皮栎幼苗的净光合速率。栓皮栎全天净光合速率的变化规律与纳塔栎相似,即全天净光合速率均值以20%和50%透光率处理高于以70%透光率处理和全光照,在午后高温强光时段的增加效果更加明显。

2.2.2 气孔导度 由图3可知,4种栎树幼苗全天气孔导度的变化总体上呈现上午较高、下午较低的趋势。但不同树种对遮荫处理的反应也存在一定差异。纳塔栎的气孔导度值在7:00全光对照最大,

20%透光率处理最小,在 13:00,50%透光率处理最大,全光对照最小。从图 2,3 比较可知,在 9:00—13:00,20%透光率处理的净光合速率较高,但气孔导度值处在较低水平,说明对纳塔栎净光合速率的影响可能有气孔和非气孔因子。舒马栎的气孔导度值在 7:00—11:00,50%透光率处理较大,在 15:00—17:00,70%透光率处理的气孔导度值较大,其气孔导度值的变化与净光合速率变化较一致。

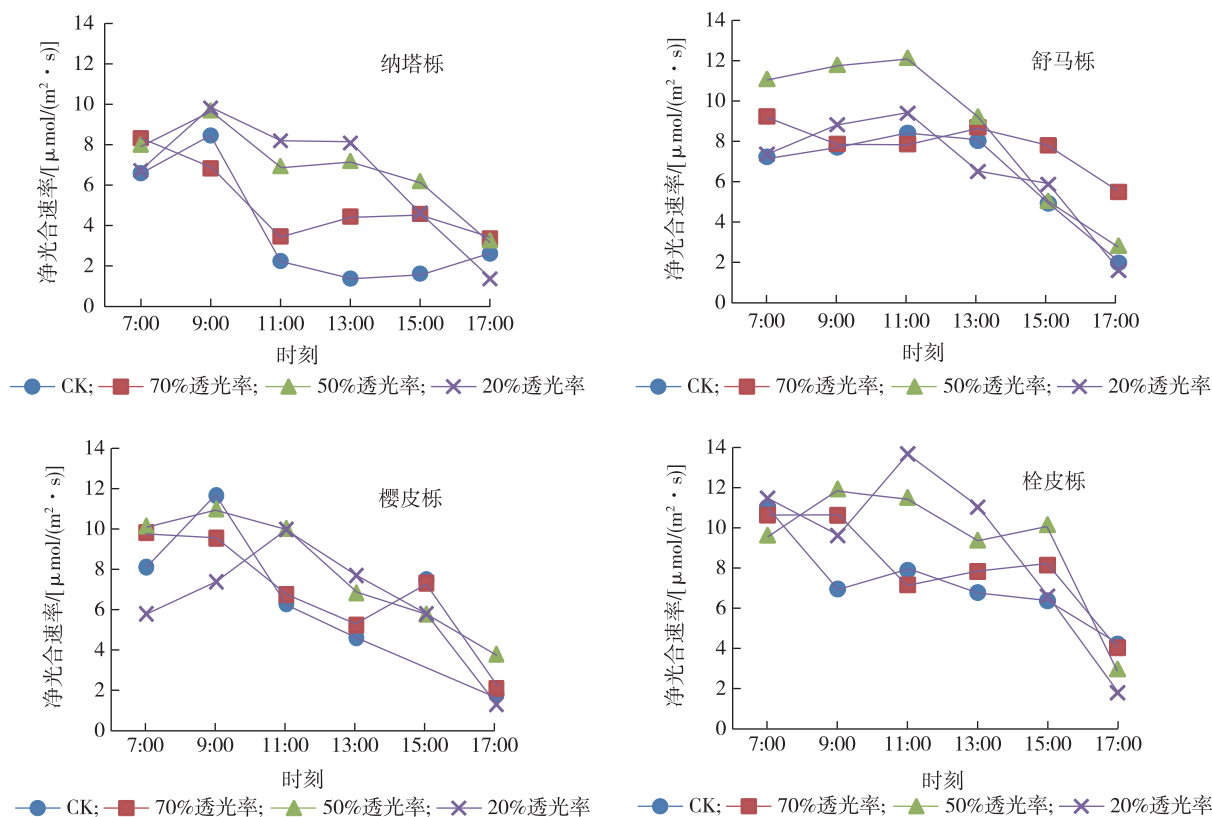


图 2 不同遮荫条件下 4 种栎树幼苗净光合速率的日变化

2.2.3 胞间 CO_2 浓度 由图 4 可知,4 种栎树幼苗叶片胞间 CO_2 浓度的日变化总体上呈现出早晚较高、午间较低的趋势,但各树种不同处理间的变化较为复杂,缺乏规律性。从不同遮荫处理间各时间点胞间 CO_2 浓度变化值的大小分析,纳塔栎不同遮荫处理间胞间 CO_2 浓度的变化最大,其次为舒马栎和栓皮栎,樱皮栎变化最小。

2.2.4 蒸腾速率 由图 5 可知,4 种栎树幼苗叶片蒸腾速度的日变化总体上呈现出早晚较低、午间较高的单峰型趋势,其峰值大多出现在 11:00。从不同树种比较看,纳塔栎在全光照和以 70%透光率处理的蒸腾速率全天均处于较低水平,这可能与纳塔栎幼苗对高温、强光的抗性差,气孔关闭有关,其

樱皮栎在 7:00 全光对照和 70%透光率处理的气孔导度值较大,而在 11:00、13:00,50%和 20%透光率处理气孔导度值较大,与净光合速率的变化趋势较为相近。栓皮栎在 11:00 和 13:00 高温时段的气孔导度值大小依次为 20%透光率处理>50%透光率处理>70%透光率处理>全光对照,也与净光合速率的变化趋势基本相似。

50%和 20%透光率处理的蒸腾速率分别在 9:00 和 11:00 达到峰值后下降,对照图 1 相应时间点的气温值,初步判断气温 35°C 左右可能是纳塔栎幼苗气孔出现关闭的临界值。舒马栎和樱皮栎在全光照和以 70%透光率处理的蒸腾速率随着午间气温的升高有小幅的增加过程,其 50%和 20%透光率处理的蒸腾速率均在 11:00 达到峰值,因此这 2 个树种幼苗出现气孔关闭的气温临界值可能在 37°C 左右。栓皮栎在全光对照和 70%透光率处理的蒸腾速率峰值出现在 11:00 时,而 50%和 20%透光率处理的蒸腾速率峰值出现在 13:00 的最高温时间,由此可推测,栓皮栎幼苗出现气孔关闭的气温临界值可能高于其余 3 种栎树。

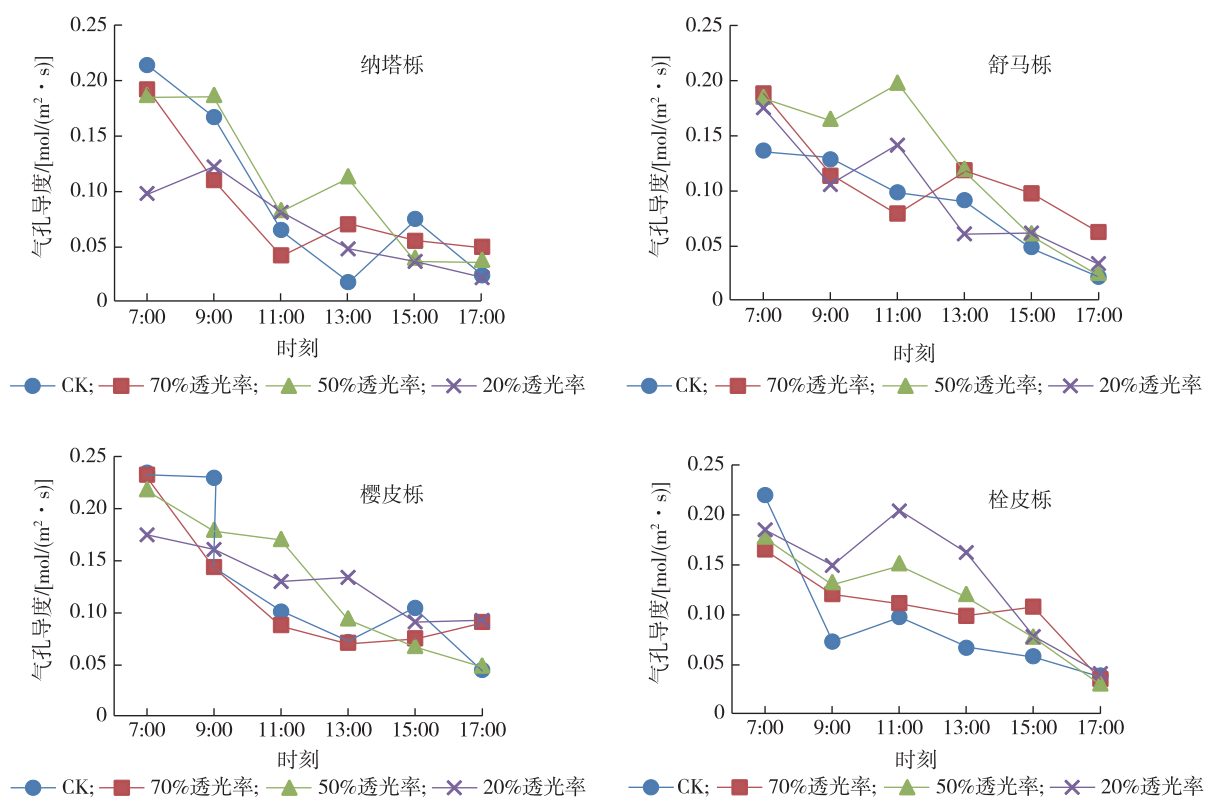
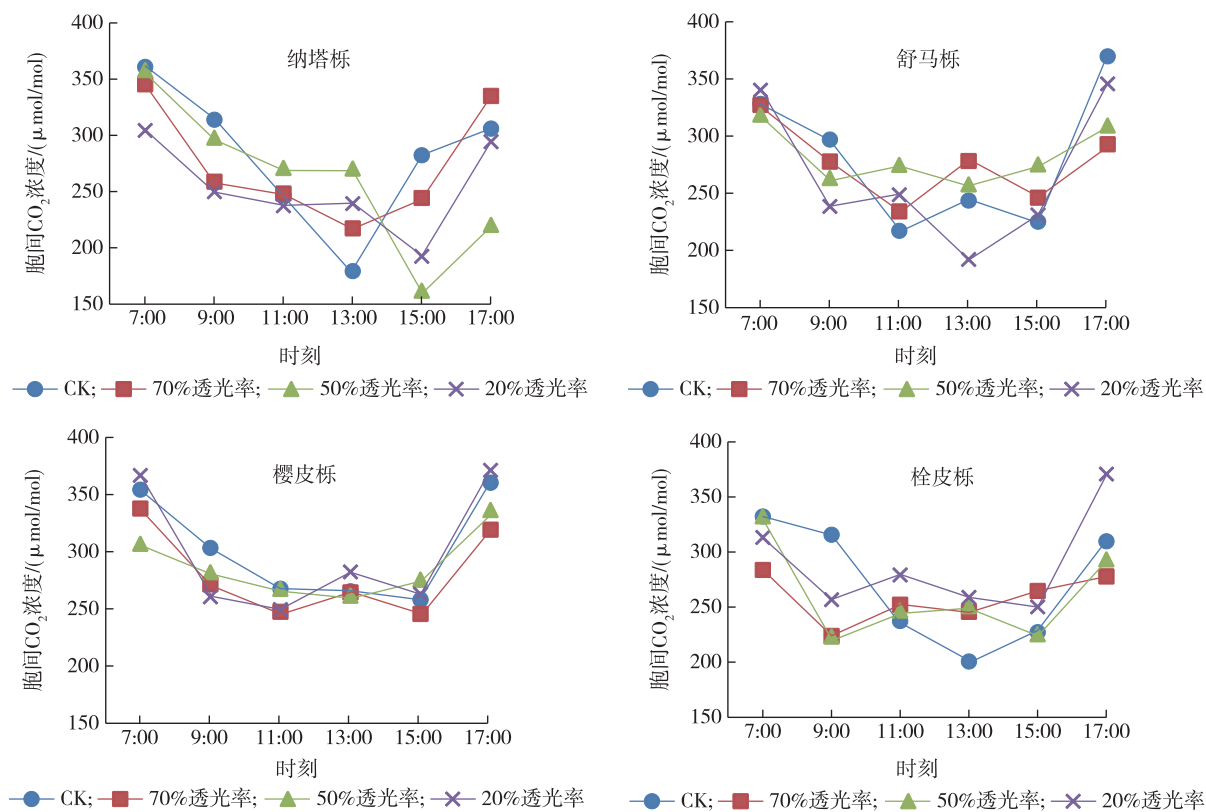


图3 不同遮荫条件下4种栎树幼苗气孔导度的日变化

图4 不同遮荫条件下4种栎树幼苗胞间 CO_2 浓度的日变化

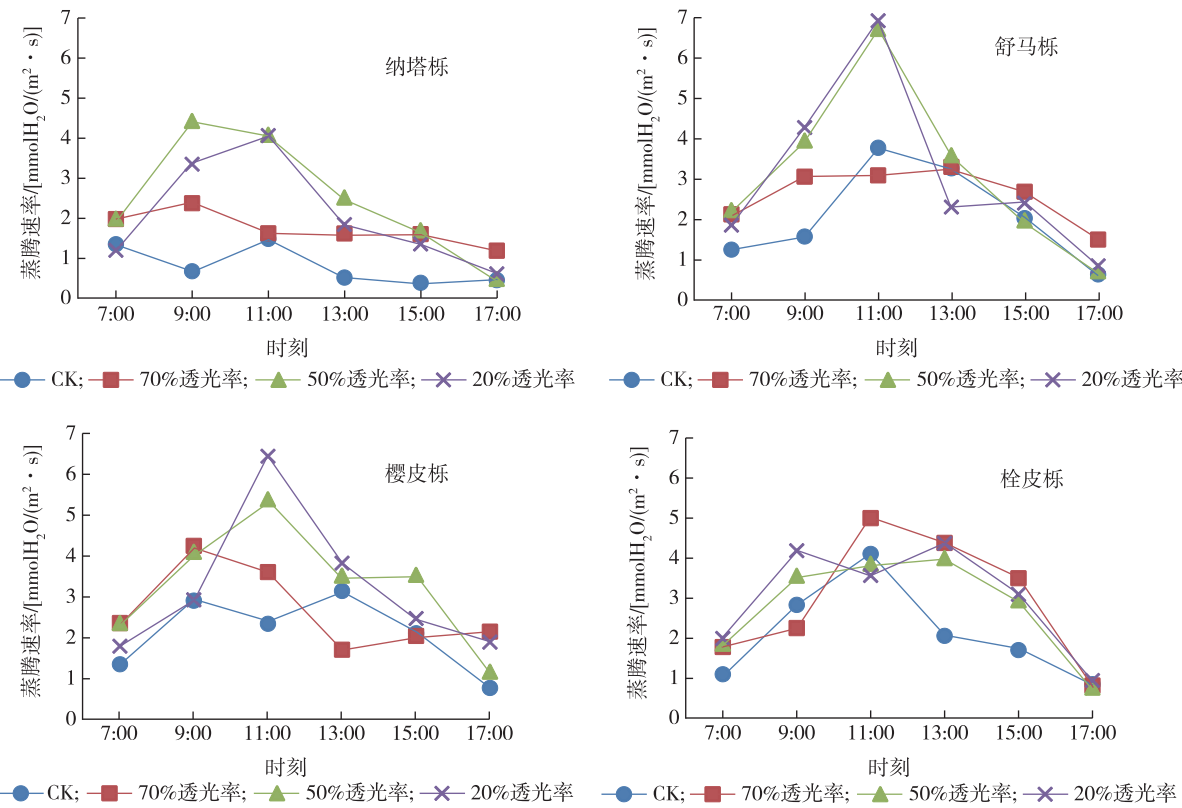


图 5 不同遮荫条件下 4 种栎树幼苗蒸腾速率的日变化

2.3 光合参数与环境因子的相关性

对不同树种各种遮荫处理条件下的气温、光照强度与 4 个光合参数相关分析结果(见表 1)表明,气温与 4 种栎树幼苗的气孔导度和胞间 CO₂ 浓度出现显著或极显著的负相关,说明夏季高温胁迫对 4 种栎树幼苗的光合生理均有一定的影响,导致气孔导度和胞间 CO₂ 浓度的减小。气温与纳塔栎和栓皮

栎幼苗的净光合速率呈现极显著和显著的负相关,说明高温胁迫对这 2 个树种的光合作用抑制明显。光照强度与纳塔栎的净光合速率呈显著负相关,夏季强光辐射可以显著抑制纳塔栎幼苗的光合作用。光照强度与 4 种栎树幼苗的胞间 CO₂ 浓度呈负相关关系,其中舒马栎、樱皮栎和栓皮栎的相关性系数达显著性水平。

表 1 4 种栎树光合生理指标与环境因子的相关分析

树种	环境因子	净光合速率	气孔导度	胞间 CO ₂ 浓度	蒸腾速度
纳塔栎	气温	-0.612 1 **	-0.582 3 **	-0.520 5 **	-0.323 1
舒马栎		-0.230 2	-0.533 4 **	-0.452 9 *	0.038 7
樱皮栎		-0.320 7	-0.698 8 **	-0.499 5 *	0.103 9
栓皮栎		-0.412 9 *	-0.628 5 **	-0.558 8 **	0.200 0
纳塔栎	光照强度	-0.492 9 *	-0.259 3	-0.345 1	-0.372 4
舒马栎		0.010 5	-0.195 3	-0.426 3 *	0.062 2
樱皮栎		-0.004 8	-0.282 7	-0.454 9 *	0.290 2
栓皮栎		-0.201 6	-0.376 2	-0.512 4 *	0.181 9

注: * 表示显著相关(P<0.05), ** 表示极显著相关(P<0.01)。

3 结论与讨论

植物不同发育阶段的光合作用与气温和光照

关系密切,已有研究表明,北美红栎幼树净光合速率日变化在秋季呈“单峰”型,峰值一般出现在 12:00—14:00,而夏季呈“双峰”型,存在明显“午

休”现象^[8-9]。本研究结果表明,在夏季高温胁迫下,4种栎树的光合参数日变化总体上表现为净光合速率和气孔导度呈上午高、下午低,胞间CO₂浓度呈早晚高、午间低,蒸腾速率呈午间高、早晚低的趋势。其中,纳塔栎、舒马栎、樱皮栎3种北美栎树幼苗在20%和50%透光率处理下净光合速率日变化呈现“单峰”型,峰值出现较早,在9:00—11:00,但在70%透光率和全光照(CK)处理下,其净光合速率日变化基本呈“双峰”型,最大峰值出现在7:00—9:00,说明夏季高温胁迫导致了栎树幼苗净光合速率峰值提前。

不同树种对遮荫处理具有不同的生理反应。从试验结果看,在午间高温强光时段,纳塔栎、樱皮栎和栓皮栎的净光合速率为20%透光率处理>50%透光率处理>70%透光率处理>全光对照,说明纳塔栎、樱皮栎和栓皮栎幼苗对夏季高温强光的抗性较差,更适宜较弱的光照。舒马栎的净光合速率在上午时段50%透光率处理最高,下午时段为70%透光率处理较高,而且全光对照的净光合速率日变化基本呈单峰型,在午间高温强光时段也略有增加,由此可见,舒马栎幼苗对夏季高温强光的适应性较强。气温和光照强度与净光合速率相关分析结果也表明,光照强度与纳塔栎的净光合速率呈显著负相关,气温与纳塔栎和栓皮栎幼苗的净光合速率呈现极显著和显著的负相关,说明高温胁迫对这2个树种的光合作用抑制更加明显。

在苗木培育过程中,幼苗阶段采取适当的遮荫措施是促进苗木生长、提高苗木质量的重要措施。吴晓龙等对7种北美栎树光合特性研究认为,纳塔栎等北美栎树的光补偿点较低,有较强的弱光利用能力^[8]。也有研究报道指出,在纳塔栎苗木生产

中,用75%透光率遮荫处理培育的苗木质量优于全光对照,并提出在苗木生长前期采用50%透光率遮荫,苗木速生期采用75%的透光率遮荫,秋季采用全光照培育,可延长速生期,提高苗木质量^[9]。但从本试验结果看,就纳塔栎而言,夏季高温期间,透光率低于50%以上的遮荫措施才能为幼苗生长创造良好的生态环境,有利于苗木光合产物积累。但落叶栎类总体上属于喜光树种,其光饱和点较高,夏季高温过后应及时减少遮荫,增加光照,促进苗木生长发育。

参考文献:

- [1] JOHNSON P S, SHIFLEY S R, ROGERS R. The ecology and silviculture of oaks[M]. New York: CABI Publishing, 2001.
- [2] 黄利斌, 窦全琴, 汤 槿, 等. 栎树的生物学特性与栽培研究综述[J]. 江苏林业科技, 2014, 41(6): 43-47.
- [3] 陈益泰, 孙海菁, 王树凤, 等. 5种北美栎树在我国长三角地区的引种生长表现[J]. 林业科学研究, 2013, 26(3): 344-351.
- [4] 董筱昀, 黄利斌, 吕运舟, 等. 舒马栎不同无性系性状早期变异与综合选择[J]. 江苏林业科技, 2019, 46(3): 20-23.
- [5] 吴月燕, 项锡娜, 王忠华, 等. 光胁迫对容器幼苗生长和生理生化特性的影响[J]. 植物生理学报, 2013, 49(5): 496-476.
- [6] 杨 莹, 王传华, 刘艳红. 光照对鄂东南2种落叶阔叶树种幼苗生长、光合特性和生物量分配的影响[J]. 生态学报, 2010, 30(22): 6082-6090.
- [7] 夏海涛, 陈秋夏, 卢 翔, 等. 不同光照处理对山桐子容器苗生长和苗木质量的影响研究[J]. 中国农学通报, 2011, 27(28): 84-89.
- [8] 吴晓龙, 吴 毅, 张 斌, 等. 7种北美栎树的光合生理特性分析[J]. 中南林业科技大学学报, 2018, 38(3): 34-39.
- [9] 姜 琳, 杨 暖, 姜官恒, 等. 三种不同叶色栎树光合特性研究[J]. 山东林业科技, 2016, 223(2): 12-16.
- [10] 李峰卿, 姚甲宝, 曾平生. 光照强度和容器规格对纳塔栎1年生容器苗生长的影响[J]. 华南农业大学学报, 2017, 38(3): 87-92.