

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2019.01.004

干旱河谷 10 种生态恢复树种的光合和水分生理特征研究

刘千里¹, 何建社¹, 张利¹, 朱欣伟¹, 杨昌旭³, 李登峰², 冯秋红^{2*}

(1. 阿坝藏族羌族自治州林业科学技术研究所, 四川 汶川 623000;

2. 四川省林业科学研究院, 四川卧龙森林生态系统定位站, 四川 成都 610081;

3. 理县环境和林业局, 四川 理县 623100)

摘要:通过对岷江上游干旱河谷 10 种生态恢复树种盆栽苗木的光合、荧光以及水分生理特征等的比较, 分析了不同植物在干旱地区的光合作用情况以及光合生理特征和水分生理特征, 及其间的相关关系, 揭示了各类植物的抗旱特征, 以期为干旱河谷区植被恢复树种材料的选择提供理论依据。

关键词:干旱河谷; 生态恢复树种; 光合生理; 叶绿素荧光; 水分生理

中图分类号: S718.5 文献标识码: A 文章编号: 1003-5508(2019)01-0020-05

Research on Photosynthetic and Water Physiological Characteristics of 10 Tree Species Used for Ecological Restoration in Dry Valleys

LIU Qian-li¹ HE Jian-she¹ ZHANG Li¹ ZHU Xing-wei
YANG Chang-xun³ LI Deng-feng² FENG Qiu-hong^{2*}

(1 Forestry Science and Technology Institute of Aba Tibetan and Qiang Autonomous Prefecture,

Wenchuan 623000, China; 2 Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081, China;

3 Environmental Protection and Forestry Bureau of Lixian County, Lixian 623100, China)

Abstract: In order to provide theoretical basis of tree selection for vegetation restoration, 10 tree species were chosen for measuring and comparing their photosynthetic, Chlorophyll fluorescence and water physiological characteristics in the dry valley of the Minjiang River. The result revealed the drought resistance characteristics of various plants by analyzing the photosynthetic operation, photosynthetic physiological characteristics, water physiological characteristics and correlations of different plants in arid regions.

Key words: Dry valleys, Tree species used for ecological restoration, Chlorophyll fluorescence, Water physiological characteristics

岷江上游的干旱河谷主要分布于松潘镇江关以下, 经茂县凤仪镇至汶川县绵虬间的岷江干流, 以及杂谷脑河谷和黑水河谷等岷江支流^[1]。由于深受“焚风效应”的影响, 同时光照热量充足, 使得该地区降水偏少, 蒸发强烈, 干季持续时间长^[2]; 而且其

多分布于海拔 1 000 m ~ 2 800 m 范围内, 海拔较高, 地势险峻, 土壤贫瘠, 地质灾害频发, 加之近年来人为干扰频繁, 使得该地区立地条件较差, 造林困难, 生态退化加剧, 植被恢复困难^[3~4]。

现阶段岷江上游干旱河谷采用的生态恢复树种

收稿日期: 2018-09-26

基金项目: 阿坝州人才发展专项资金竞标引才工作应用研究类科技攻关项目

作者简介: 刘千里(1968-), 男, 四川小金人, 研究员, 主要从事林业技术研究工作, e-mail: 314241819@qq.com。

* 通讯作者: 冯秋红(1982-), 女, 内蒙古兴安盟人, 副研究员, 主要从事森林生态和退化生态研究工作, e-mail: fqiu hong@163.com。

是经过长时间的自然或人为选择后的乡土树种和引进树种,长期的造林实践证明这些树种对当地自然环境具有高度适应性,且抗逆性强,用其造林易于存活^[5~6]。近年来,对该地区生态恢复树种生理生态特征的研究多关注于通过盆栽控水法模拟干旱胁迫^[7~8]和季节变化^[9~10]对试验树种叶片的抗氧化酶系统和渗透物质调节功能的影响,光合作用是植物叶片最重要的功能,而在干旱地区,叶片的水分生理特征对环境变化极为敏感并且对植物的光合进程影响较大^[11]。因此本文选取该地区的多种生态恢复树种(见表 1),研究其在干旱河谷地区的光合、荧光和水分生理特征,以期为该地区的植被恢复的树种选择提供科学依据。

1 研究地点与研究方法

1.1 研究地点

试验地点位于四川省阿坝藏族羌族自治州理县桃坪镇佳山寨村苗圃内,地理坐标 N34°28'、E105°54',苗圃所在地属高山河谷地貌,海拔 1 700 m 左右,坡向西北,坡位中下坡,年平均气温 11.8℃,年均降雨量 592.3 mm,年均蒸发量 1 413.9 mm,土壤为山地燥褐土,属于典型的干旱河谷地区;植被以矮灌和草本为主,高大乔木较为少见,除了本文研究中几种生态恢复树种,研究地还常见川甘亚菊(*Ajanía potaninii*)、黄花亚菊(*A. nubigena*)、金花蚤草(*Pulicaria chrysantha*)、蔷薇(*Rosa multiflora*)、蕨类、禾本科类等灌草植被^[8]。

1.2 研究方法

1.2.1 试验材料

选择栽种于花盆内的岷江柏、侧柏、辐射松、羊蹄甲、白刺花、三颗针、沙棘、四川黄栌、红翅槭、黄连木共 10 种树种的 3 a 生播种苗为试验材料(见表 1);其育苗种子均采自岷江上游干旱河谷地区,每盆 1 株;花盆口径 35 cm,高 42 cm,花盆内土壤采用当地典型山地燥褐土作为基质,其容重为 $1.12 \pm 0.08 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,田间持水量 $44.02\% \pm 3.06\%$,pH 值 7.67 ± 0.37 ,有机质 $52.07 \pm 4.12 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,全氮 $2.91 \pm 0.69 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,全磷 $0.47 \pm 0.06 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,全钾 $2.94 \pm 0.21 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$;并对试验树种进行日常浇水、除草等管理^[8]。于 2017 年 7 月 15 日—7 月 25 日,每个树种选择 30 株长势基本一致、健康无病虫害的树苗为试验对象,测定其光合、荧光以及水分生理等相关指标。

表 1 研究对象概况表

中文名	拉丁名	生活型	生态类型	树种功能
岷江柏	<i>Cupressus chengiana</i>	乔木	针叶	生态树种
侧柏	<i>Platycladus orientalis</i>	乔木	针叶	生态树种
辐射松	<i>Pinus radiata</i>	乔木	针叶	生态树种
羊蹄甲	<i>Bauhinia Purpurea</i>	灌木	阔叶	生态树种
白刺花	<i>Sophora davidii</i>	灌木	阔叶	生态树种
三颗针	<i>Berberis sargentiana</i>	灌木	阔叶	生态树种
沙棘	<i>Hippophae rhamnoides</i>	灌木	阔叶	生态树种
四川黄栌	<i>Cotinus szechuanensis</i>	灌木	阔叶	景观树种
红翅槭	<i>Acer fabri</i> Hance	乔木	阔叶	景观树种
黄连木	<i>Pistacia chinensis</i> Bunge	小乔木	阔叶	景观树种

1.2.2 指标测定

1.2.2.1 叶片光合和荧光指标的测定

选择各待测树种上部的当年生、健康、成熟叶片,在晴朗天气的上午 9:00—11:00 和下午 3:00—5:00,采用 Licor-6400(Licor, USA) 便携式光合作用测定仪进行测定,将叶室内温度设定为 $25^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$,湿度控制在 $75\% \pm 5\%$,利用 CO_2 小钢瓶注入系统将 CO_2 浓度设定为 $400 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$,光合有效辐射(PAR)依次设定为 0、20 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、50 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、80 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、100 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、150 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、200 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、400 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、600 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、800 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、1 000 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、1 200 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、1 400 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、1 600 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、1 800 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、2 000 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,每个梯度适应 3~5 min,待读数稳定后进行读数,计算和得出各树种光饱和点(LSP)、最大光合速率(P_{max})、气孔导度(G_s)、蒸腾速率(T_r)等参数;荧光参数的测定选择与光合测定相同的叶片,将待测叶片放入 Licor-6400 荧光叶室(Licor-6400-40 Default Fluorometer)中,光合有效辐射(PAR)设定为该树种的饱和光强,其他环境参数同上,活化 20 min~30 min(视天气情况而定),待读数稳定后进行读数,得到 PSII 实际光化学效率(Φ_{PSII})、电子传递效率(ETR)等参数^[12]。每个树种选择 8 株,每株选择 3 片叶片进行光合和荧光相关指标的测定,每次读数重复 10 次。

1.2.2.2 叶片水分生理指标的测定

每个树种选择 10 株,将采集的叶片用软布擦拭干净后迅速用万分之一天平测定其鲜重 G_1 ;然后将叶片浸泡入水中 24 h,称得饱和重 G_2 ;利用 Li-3100 叶面积仪(Licor, USA)测得叶片面积 M ;最后,将叶片装入信封,在 70°C 的烘箱中烘干 48 h,获得叶片干重 G_3 ;叶片含水量(WC) = $(G_1 - G_3) / G_1 \times 100\%$,

叶片相对含水量(RWC) = $(G_1 - G_3)/(G_2 - G_3) \times 100\%$, 比叶重(SLW) = G_3/M 。正午叶水势(Ψ_{md})采用 WP4C 露点水势仪(Decagon, USA)进行测定, 采样时间为每天 12:00—13:00, 采样后将叶片迅速处理后放入水势仪中进行测定。

1.2.3 数据分析

利用 SPSS25.0 对数据进行差异性分析和相关性分析, 用 EXCEL2016 进行绘图。

2 结果与分析

2.1 干旱河谷区几种生态恢复树种的光合生理特征

由图 1 可知, 本次试验中的几种生态恢复树种的光合生理特征, 其中岷江柏的 LSP 显著高于其他树种, 达到 $2000 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 四川黄栌的 LSP 最低, 为 $1200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 总体上, 针叶型树种的光合速率高于阔叶型树种。在饱和光强下, 白刺花、黄连木和羊蹄甲的

P_{nmax} 显著高于其他树种, 分别为 $10.923 \pm 1.072 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $10.730 \pm 2.55 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $10.629 \pm 2.091 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 三颗针的 P_{nmax} 最低, 仅有 $2.757 \pm 0.562 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 各乡土树种的 P_{nmax} 由高到低排序为白刺花 > 黄连木 > 羊蹄甲 > 红翅槭 > 四川黄栌 > 侧柏 > 沙棘 > 辐射松 > 岷江柏 > 三颗针, 针叶型树种的光合速率显著高于阔叶型树种。 G_s 代表叶片气孔的开放程度, T_r 代表叶片的蒸腾速率, 本次研究发现, 树种间 G_s 和 T_r 的差异表现较为一致, 沙棘、红翅槭、黄连木等阔叶型树种的气孔开放程度和蒸腾速率较高, 其中沙棘的 G_s 和 T_r 最高且显著高于其他树种, 分别达到 $0.242 \pm 0.047 \text{ mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $4.712 \pm 0.809 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 而针叶型树种, 如岷江柏、辐射松等的 G_s 显著低于阔叶型树种, 但阔叶型树种三颗针的 G_s 和 T_r 为试验树种中最低, 分别仅为 $0.0133 \pm 0.0039 \text{ mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $0.689 \pm 0.099 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

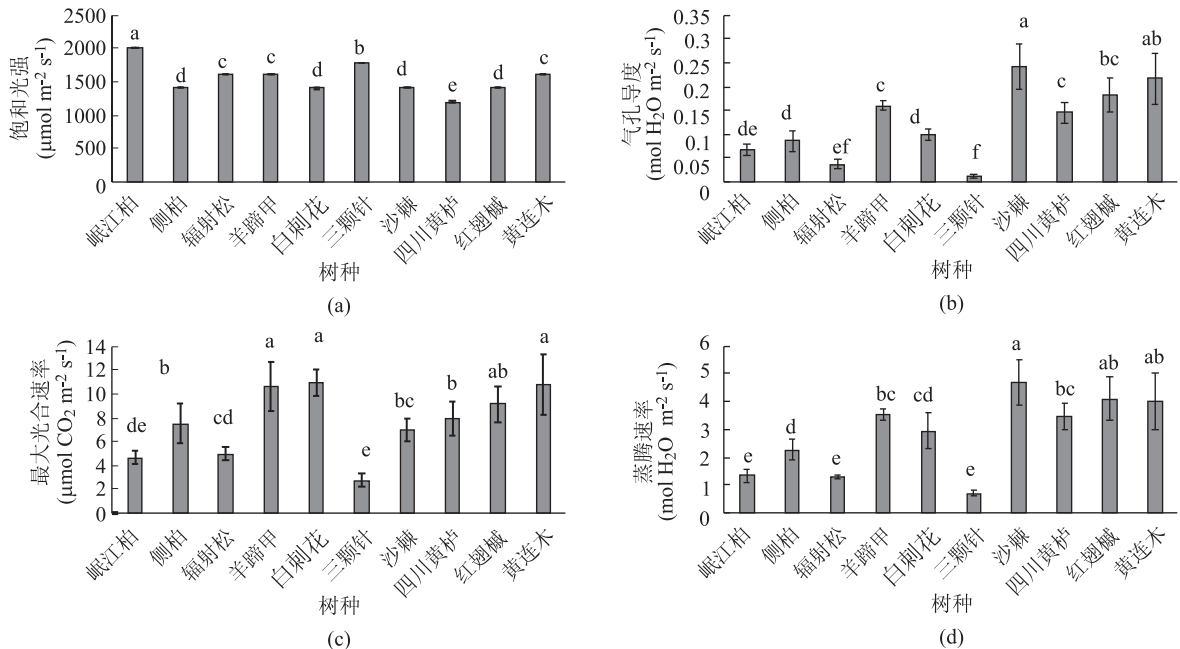


图 1 干旱河谷区几种生态恢复树种的光合生理特征

注: 图中不同小写字母代表差异显著 ($P < 0.05$), 下同

2.2 干旱河谷区几种生态恢复树种的荧光特征

Φ_{PSII} (实际光化学效率) 反映在 PS II 反应中心部分关闭的情况下的实际光化学效率, 由图 2 可知, 白刺花的 Φ_{PSII} 最高并显著高于其他树种, 达到 0.241 ± 0.031 , 羊蹄甲次之, 其值为 0.186 ± 0.0316 , 岷江柏和三颗针的 Φ_{PSII} 显著低于其他

树种, 分别为 0.089 ± 0.023 、 0.097 ± 0.019 。各树种间的 ETR 的差异与 Φ_{PSII} 较为相似, 白刺花和羊蹄甲的 ETR 值显著高于其他树种, 分别达到 $147.636 \pm 19.011 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $129.991 \pm 22.062 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 而岷江柏的 ETR 显著低于其他树种, 仅为 $67.579 \pm 5.923 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

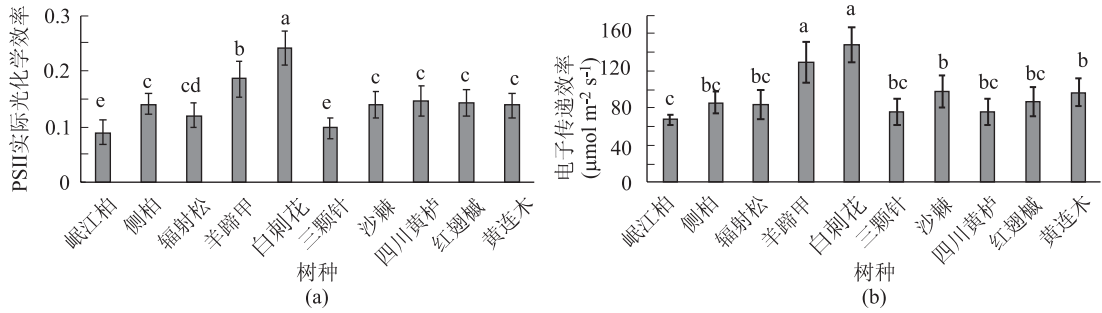


图2 干旱河谷区几种生态恢复树种的荧光特征

2.3 干旱河谷区几种生态恢复树种的水分生理特征

由图3可知,叶片含水量 WC 以羊蹄甲最高,达到 $64.491 \pm 4.302\%$,白刺花次之,为 $63.477 \pm 7.460\%$,辐射松和三颗针显著低于其他树种;而四川黄栌、红翅槭以及黄连木的叶片相对含水量 RWC 较高,沙棘最低,仅为 $56.950 \pm 3.615\%$ 。通过研究

发现,三种针叶型树种的 SLW 显著高于其他的阔叶型树种,其值由高到低依次排序为岷江柏 > 侧柏 > 辐射松 > 三颗针 > 沙棘 > 四川黄栌 > 羊蹄甲 > 白刺花 > 红翅槭 > 黄连木。白刺花的叶片正午水势 Ψ_{md} 显著低于其他树种,达到 $-4.963 \pm 0.733 \text{ MPa}$,羊蹄甲最高,为 $-1.210 \pm 0.216 \text{ MPa}$ 。

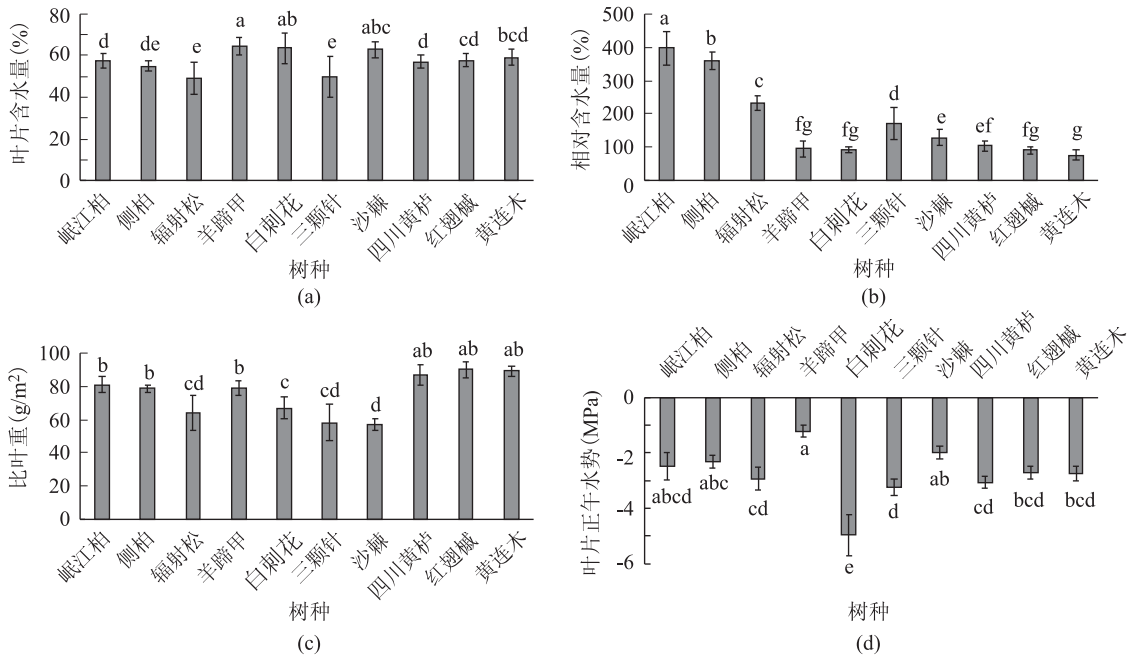


图3 干旱河谷区几种生态恢复树种的水分生理特征

2.4 干旱河谷区几种生态恢复树种光合生理、荧光、水分生理指标间的相关关系

由表2可知, person 相关性分析表明:代表试验树种的最大光合效率的 P_{max} 指标和叶片的比叶重 SLW 指标与其他各指标间有较高的相关性,其中 P_{max} 指标与 LSP 和 SLW 呈极显著负相关 ($P < 0.01$),与 G_s 、 T_r 、 $\Phi_{\text{PS II}}$ 、 ETR 、 WC 呈显著负相关 ($P < 0.05$);叶片的 SLW 与 P_{max} 、 G_s 、 $\Phi_{\text{PS II}}$ 、 ETR 呈极显著负相关 ($P < 0.01$)。

3 讨论与结论

为适应岷江上游干旱河谷地区的干旱气候,该地区的生态恢复树种拥有不同的抗旱途径。通过本次研究发现,试验的 10 种树种的光饱和点在 $1\ 200 \sim 2\ 000 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,针叶型乡土树种的光饱和点相对阔叶型更高(图 1-a),说明针叶型树种叶片光合器官利用强光能力较强,对干旱河谷正午的

表 2 干旱河谷地区几种生态恢复树种光合、荧光以及水分生理各指标间相关性矩阵表

	<i>LSP</i>	P_{max}	G_s	T_r	<i>PhiPS II</i>	<i>ETR</i>	<i>WC</i>	<i>RWC</i>	<i>SLW</i>	Ψ_{md}
<i>LSP</i>	1									
P_{max}	-0.377 **	1								
G_s	-0.355 **	0.714 **	1							
T_r	-0.468 **	0.748 **	0.959 **	1						
<i>PhiPS II</i>	-0.483 **	0.557 **	0.167	0.330 *	1					
<i>ETR</i>	-0.263	0.521 **	0.133	0.267	0.960 **	1				
<i>WC</i>	-0.065	0.470 **	0.270 *	0.299 *	0.310 *	0.342 *	1			
<i>RWC</i>	0.817	0.961	0.954	0.024	0.467	0.21	0.442 * *	1		
<i>SLW</i>	0.633	-0.518 **	-0.446 **	-0.524	-0.498 **	-0.428 **	-0.305 **	-0.071	1	
Ψ_{md}	0.134	0.067	0.339 * *	0.203	-0.434 **	-0.346 *	0.072	0.16	0.144	1

注:*LSP* 代表光饱和点 ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), P_{max} 代表最大光合速率 ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), G_s 代表气孔导度 ($\text{mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), T_r 代表蒸腾速率 ($\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), *PhiPS II* 代表 PSII 实际光化学效率, *ETR* 代表电子传递效率 ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), *WC* 代表叶片含水量 (%), *RWC* 代表叶片相对含水量 (%), *SLW* 代表叶片比叶重 ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$), Ψ_{md} 代表叶片正午水势 (Mpa); * * 在 0.01 级别 (双尾), 相关性显著, * 在 0.05 级别 (双尾), 相关性显著。

强光环境具有良好的适应性,其抵御极端强光环境能力更强。在本次试验中,白刺花、羊蹄甲等阔叶型灌木表现出更高的 P_{max} 、 G_s 和 T_r (图 1-b, 1-c, 1-d), 有研究认为,叶片气孔开放程度较高,能够进入叶片参加羧化反应的 CO_2 底物变多,使得光合速率升高,同时较低的气孔限制也增强了蒸腾速率^[12~14], 而针叶型树种和三颗针的 P_{max} 、 G_s 和 T_r 表现较低,其原因可能是这 4 种树种的比叶重较大(图 3-c), 叶片厚度较厚,虽然增加水分在叶片中的传递距离,减少了水分损失,但阻碍了 CO_2 从气孔到羧化点位的传递路径,从而导致相关参数的下降^[15]。叶绿素荧光参数与光合作用密切相关,能很好地揭示光合进程的“内在性”^[16],本次研究也发现 P_{max} 指标表现较高的树种如白刺花、羊蹄甲,其 *PhiPS II* 和 *ETR* 也较高(图 2),说明在干旱河谷地区水分较为充足的情况,白刺花等树种的 PS II 反应中心开放程度更高,光合能力更强^[17],相关性分析也表明 P_{max} 指标同 G_s 、 T_r 、*PhiPS II* 和 *ETR* 也呈显著性正相关,研究结果与刘雷震等^[18] 和姚春娟等^[19] 的研究结论相似。本次研究同时发现,光合能力较强的羊蹄甲等阔叶型灌木的 *WC* 和 *RWC* 都较高(图 3-a, 3-b),同时保持较低的水势来提高对土壤的吸水能力以维持较高的 *WC* (图 3-d),而岷江柏等针叶型树种比叶重较大(图 3-c),有研究认为比叶重大的植物拥有更强的资源利用能力和逆境适应能力^[20],表明其在干旱河谷地区抵御极端环境能力的更强。

综上所述,在岷江上游干旱河谷地区水分条件较好的地区,适合用较高光合速率和水分吸收能力的白刺花等阔叶型树种,而在立地条件较差的地区,用抗逆性更强的岷江柏等针叶型的树种造林更为适宜。

参考文献:

- [1] 郑杰,冯文兰,王凤杰,等. 岷江上游干旱河谷范围的界定及其变化分析[J]. 干旱区地理,2017(03):541~548.
- [2] 庞学勇,包维楷,吴宁. 岷江上游干旱河谷气候特征及成因[J]. 长江流域资源与环境,2008(S1):46~53.
- [3] 包维楷等著. 干旱河谷生态恢复与持续管理的科学基础[M]. 北京:科学出版社,2012. 710.
- [4] 王会儒,陈国鹏,王飞,等. 干旱河谷植物生态适应与植被恢复[J]. 西北林学院学报,2015(05):60~67.
- [5] 王仁卿,藤原一绘,尤海梅. 森林植被恢复的理论和实践:用乡土树种重建当地森林——官肋森林重建法介绍[J]. 植物生态学报,2002(S1):133~139.
- [6] 杨育林,鄢武先,尤继勇,等. 川西干旱河谷区植被恢复机理及模式分析[J]. 西南民族大学学报(自然科学版),2016,42(6):604~609.
- [7] 蔡海霞,吴福忠,杨万勤. 模拟干旱胁迫对岷江干旱河谷一山地森林交错带 4 种乡土植物抗氧化酶系统的影响[J]. 应用与环境生物学报,2010(04):478~482.
- [8] 何建社,张利,刘千里,等. 岷江干旱河谷区典型灌木对于干旱胁迫的生理生化响应[J]. 生态学报,2018(07):2362~2371.
- [9] 黎燕琼,刘兴良,郑绍伟,等. 岷江上游干旱河谷四种灌木的抗旱生理动态变化[J]. 生态学报,2007(03):870~878.
- [10] 申学圣,宫渊波,陈林武,等. 岷江上游干旱河谷 4 个乡土树种的抗旱生理指标主成分分析[J]. 贵州林业科技,2012(04):1~6.
- [11] Zhu L, van de Peppel A, Li X, Welander M. Changes of leaf water potential and endogenous cytokinins in young apple trees treated with or without paclobutrazol under drought conditions. SCI HORTIC - AMSTERDAM, 2004 (NO. 2): 133~141.
- [12] 王海珍,韩路,徐雅丽,等. 土壤水分梯度对灰胡杨光合作用与抗逆性的影响[J]. 生态学报,2017(02):432~442.
- [13] Farquhar G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthesis. Annual review of plant physiology, 1982, 33(1): 317~345.
- [14] 段爱国,张建国,张俊佩,何彩云. 干热河谷主要植被恢复树种水分利用效率动态分析[J]. 北京林业大学学报,2010(06):13~19.

费、运输费和工时)的相应减少,更易于山区林农接受和推广。或许 F1 处理有效地促进了毛竹林内笋芽的集中萌动,只是前期施肥量未能满足这些笋的发育需求,使其没能快速突破地面和覆盖物,这从 F1 的竹笋较多地存在着“空腹”现象、平均单个笋重不及对照也可作出推断。

考虑到四川山区糠壳、稻草等促笋覆盖材料匮乏,本试验利用竹区就近农林生产剩余物进行覆盖增温促笋技术的推广,结果显示:两种新型覆盖模式“糠壳+鸡粪+高粱秆”(F2)和“竹酒糟+鸡粪+高粱秆”(F3)既利于笋的早出,又利于单位面积笋产量的提高,尽管在单位面积笋产量上的效果不及 F1 显著,但高粱秆、竹酒糟属农林生产废料,不仅无需计较成本,还解决了废料难于处理甚至通过焚烧、丢弃造成环境污染的问题。本试验中采取的高粱秆,其质地较坚实,直径也远大于稻草,如能进一步进行破碎化处理,效果或许更佳。

由于采用的覆盖层厚度较小,覆盖后测得的瞬时地温增量不大(仅较裸露地块高出 0.35℃~0.69℃),能促笋增产的原因可能有以下几点:1)瞬时的温度增量虽小,但数月的积温增量可能产生明显效应;2)即使没能直接产生热量,覆盖后吸收的太阳辐射更不易丧失,且外界气温骤降时覆盖地块也不致降温过快^[11]。3)覆盖相当于加厚了土层,增加了笋出土前的暗生长时间,粗生长较大。4)覆盖后土壤保湿能力增强^[12],能更好地满足竹笋细胞分裂生长的必要条件。

试验表明,在广大山区毛竹林的经营实践中,可

不局限于传统覆盖模式而尝试就地取用周边的秸秆、草料、加工剩余物等用作覆盖材料,既节约成本、增加收益,又利于资源的循环利用和环境保护,但须保证林地的肥料供应充足,以满足大量发笋的需要。

参考文献:

- [1] 国家林业局. 第八次全国森林资源清查(2009—2013)结果[Z]. 2014.
 - [2] 章秋林, 瞿懋良, 马金德, 等. 不同覆盖材料对毛竹林地产值的影响[J]. 浙江林业科技, 2013, 33(6): 70-72.
 - [3] 唐隆校, 周智峰, 潘建华. 林地覆盖对毛竹鞭笋生长的影响[J]. 浙江林业科技, 2015, 35(4): 81-84.
 - [4] 赵睿宇, 李正才, 王斌, 等. 毛竹林地表覆盖年限对土壤有机碳的影响[J]. 植物生态学报, 2017, 41(4): 418-429.
 - [5] 浙江省林业厅. 春笋冬出毛竹林高效培育技术规程[S]. 浙江省地方标准(DB33/T 917-2014).
 - [6] 安徽省广德县林业局. 毛竹笋早出培育技术规程[S]. 安徽省地方标准(DB34/T 2114-2014).
 - [7] 任健, 杨大金, 梁明清. 泸州市高粱产业发展潜力研究[J]. 农业科技通讯, 2010, (4): 26-28.
 - [8] 洪宜聪. 毛竹纯林和混交林竹笋-幼竹高生长差异分析[J]. 西南林业大学学报, 2013, 33(5): 64-68.
 - [9] 余远国, 肖创伟, 杨裕振, 等. 立竹密度和竹龄结构对覆盖雷竹竹笋产量的影响[J]. 经济林研究, 2017, 35(1): 64-67.
 - [10] 孟勇, 艾文胜, 杨明, 等. 覆盖增温对黄甜竹出笋的影响[J]. 湖南林业科技, 2012, 39(3): 15-17.
 - [11] 郑晓辉, 王靓, 陈家鑫, 等. 越冬期几种覆盖措施对库尔勒香梨树干保温遮荫效果分析[J]. 新疆农业大学学报, 2012, 35(2): 116-120.
 - [12] 时连辉, 韩国华, 张志国, 等. 秸秆腐解物覆盖对园林土壤理化性质的影响[J]. 农业工程学报, 2010, 26(1): 113-117.
-
- (上接第 24 页)
- [15] 蔡海霞, 吴福忠, 杨万勤. 干旱胁迫对高山柳和沙棘幼苗光合生理特征的影响[J]. 生态学报, 2011(09): 2430-2436.
 - [16] Massacci A, Nabiev S M, Pietrosanti L, et al. Response of the photosynthetic apparatus of cotton (*Gossypium hirsutum*) to the onset of drought stress under field conditions studied by gas-exchange analysis and chlorophyll fluorescence imaging. PLANT PHYSIOL BIOCH, 2008, 46(2): 189-195.
 - [17] 高洁, 曹坤芳, 王焕校, 等. 干热河谷主要造林树种光合作用光抑制的防御机制[J]. 应用与环境生物学报, 2004(03): 286-291.
 - [18] 刘雷震, 武建军, 周洪奎, 等. 叶绿素荧光及其在水分胁迫监测中的研究进展[J]. 光谱学与光谱分析, 2017(09): 2780-2787.
 - [19] 姚春娟, 郭圣茂, 马英超, 等. 干旱胁迫对 4 种决明属植物光合作用和叶绿素荧光特性的影响[J]. 草业科学, 2017, 34(9): 1880-1888.
 - [20] 张曦, 王振南, 陆姣云, 等. 紫花苜蓿叶性状对干旱的阶段性响应[J]. 生态学报, 2016(09): 2669-2676.