

水分胁迫下华北地区主要造林树种离体枝条 叶片的叶绿素荧光参数

段爱国¹, 保尔江², 张建国^{*}

(1 中国林业科学研究院林业研究所, 国家林业局林木培育重点实验室, 北京 100091;

2 阿勒泰地区林科所, 新疆 阿勒泰 836500)

摘要:通过分析离体叶片保水力大小、荧光参数随胁迫程度加深的变化及荧光参数与水分参数的相关性,探讨了毛白杨、华山松等华北地区主要造林树种离体枝叶叶绿素荧光参数随不同干旱胁迫程度的变化,主要结论如下:(1)针叶树种保水力普遍较阔叶树种强,各树种保水机制具有较大差异;(2)失水时间对荧光参数的变化具有显著影响,失水过程中,5种针叶树种荧光参数 F_v/F_m 、 F_m/F_o 与失水率均呈明显的线性关系,不同的是,参数 F_v/F_m 的变化曲线呈“凸”状, F_m/F_o 的变化曲线呈倒“S”状;(3)不同胁迫程度时,树种荧光参数与水分参数的相关性具有明显差异,程度愈深,相关性愈显著;(4)荧光参数能对树种抗旱性给予定性的描述,但作为定量度量指标则表现出一定的局限性。

关键词:水分胁迫;华北地区;造林树种;叶绿素荧光参数;相关分析

中图分类号: Q945.11 文献标识码: A

Response of Fluorescence Parameters in Detached Leaves of Several Tree Species in HuaBei District to Drought Stress

DUAN Aiguo¹, BAO Erjiang², ZHANG Jianguo^{*}

(1. Research Institute of Forestry, CAF, Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration

Beijing 100091, China; 2. Aertai Forestry Institute, Aertai 836500, Xinjiang, China)

Abstract By analyzing the water-holding capacity of detached leaves, change of fluorescence parameters with the extent of water stress and the relationship between fluorescence parameters and water parameters, the response of fluorescence parameters in detached leaves of several tree species in Huabei district to drought stress was discussed. Four main conclusions were drawn as follows: (1) coniferous trees generally had stronger water-holding capacity than broadleaf trees, their water-holding mechanism, however, were quite different; (2) the length of water-losing time essentially affected the change of fluorescence parameters, and during the course of water stress, fluorescence parameters F_v/F_m and F_m/F_o of five coniferous trees had obvious linear relationship with water-losing rate, the difference lied in that the variation curve of parameter F_v/F_m presented a protruding design and parameter F_m/F_o presented a curve of inverted “S”; (3) under different stress extent, the relationship between fluorescence parameters and water parameters showed significant difference, the higher the water stress was, the more significant the correlation was; (4) fluorescence parameters could give a qualitative description for drought-resistant quality of tree, but as a quantitative index, they showed some extent of limitations.

Key words water stress; main tree species in Huabei district; fluorescence parameters; correlation analysis

收稿日期: 2005-02-05

基金项目: 国家林业局 2003 年度林业重点工程科技支撑项目“西南困难立地抗逆性优良乔灌木树种选择及快繁技术试验示范”

作者简介: 段爱国 (1976—), 男, 湖北荆州人, 在职博士。

* 本文通讯作者

目前植物抗性及其生理研究的进展较快,尤其是植物抗旱性和抗旱生理及其指标的研究较为盛行,植物抗性选种、育种具有重要的理论和实际价值。有关水分胁迫条件下植物抗性机理、适应能力及鉴定指标的研究,已有众多学者作了比较深入的探讨^[1~3]。叶绿素荧光分析技术作为一种测定叶片光合功能快速、无损伤的天然探针,能有效地了解逆境条件下叶片光合作用过程中光系统对光能的吸收、传递、转换、耗散、分配等内在性特点^[4,5]。当植物离体或自然生长状况下的叶片受到大气或土壤水分胁迫时,植物叶片叶绿素荧光参数就会发生规律性变化,从而指示不同干旱胁迫强度时植物光合生理的变化^[6~13]。对于干旱胁迫时叶绿素荧光参数的变化,以往的研究侧重于离体单叶或连体活叶状态时的参数变化,这样就会分别产生测定速度快但与自然水分胁迫条件下的参数变化差异较大或符合自然状态的变化但由于脱水时间长导致测定周期长的问题,本文采用离体带叶枝条展开研究,这在一定程度上解决了上述因选材而造成的问题,而且诸多研究往往停留在浅层的荧光参数变化趋势上,缺乏胁迫过程中荧光参数与胁迫程度定量指标间的相关分析,未能完整、有效地揭示水分胁迫条件下荧光参数的变化机制,进而限制了荧光参数的说理性和指示性。华北地区为我国典型的干旱区,该地区的严重水分亏缺是影响植物分布及生长的最主要因素,对华北地区主要造林树种各项生理生态指标展开系统研究意义重大。为此,本研究选用华北地区主要造林树种离体带叶枝条为研究对象,采用含水量、相对含水量及被认为受微效多基因控制的失水率作为水分胁迫程度的定量指标,研究叶绿素荧光参数受水分胁迫时的变化规律,以期探讨叶绿素荧光参数作为乔木树种抗旱性指标的可能性与指示性,为华北地区造林树种的选择提供一定的理论依据。

1 材料与方 法

1.1 植物材料

2004年4月15日在中国林科院院内选择自然条件下生长良好、无病虫害、光照条件好且已进入成熟期的华北地区10个主要造林树种的单株——杜仲(*Eucammia ulmoides* Oliv.),刺槐(*Robinia pseud-acacia* L.),银杏(*Ginkgo biloba* L.),悬铃木(*Platanus acerfolia*(Ait)Widd.),毛白杨(*Populus tomentosa* Carr.),华山松(*Pinus amandi* Franch.),雪松(*Ce-*

drus deodara(Roxb.)Loud),油松(*Pinus tabulaeformis* Carr.),白皮松(*Pinus bungeana* Zucc. ex Endl)和侧柏(*Platycladus orientalis*(L.)Franco),从10个树种树冠外围阳面中部选取有代表性的枝条,剪取长30cm带叶片的1年生枝条,迅速带回实验室。

1.2 试验方法

将取回的枝条剪口一端插入水中,让枝条和叶片充分吸水至饱和。然后从水中取出枝条,放置在实验室平台上,在室温条件下自然失水,分别在失水0,6,12h和1,2,3,4,7,11d时,称取各树种枝条的质量(适时鲜质量 M_t),精确到0.01g,0h的质量即为每个树种枝条的饱和质量(M_s),并在每一个树种的离体枝条上固定3个叶片,采用美国产的OS1-FL便携式调制叶绿素荧光仪测定叶绿素荧光参数(固定荧光 F_0 ,最大荧光 F_m ,可变荧光 F_v ,光能转换效率 F_v/F_m ,并计算电子传递效率 F_m/F_0 ,PSII潜在活性 F_v/F_0),测定前每一叶片均暗适应5~8min,饱和脉冲光强为 $15\ 000\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。当各树种枝条叶片完全枯萎或含水量基本保持不变时即停止测定。最后实验结束时,在WMK-02型电热恒温培养箱中进行烘干,测定枝条干质量(M_d),并计算整个自然失水过程中枝叶的含水量(WC)、相对含水量(RWC)及失水率(WLR)的变化,各指标计算公式如下:

$$WC = M_t - M_d$$

$$RWC = (M_t - M_d) / (M_s - M_d)$$

$$WLR = (M_s - M_t) / (M_s - M_d)$$

采用SPSS10.0统计分析软件作数据的方差分析、相关分析及聚类分析。

2 结果与分析

2.1 水分胁迫时10树种保水力的比较

失水率是判定树种保水性能的常用指标,亦是一个非常有效的指标。由表1可知,树种不同其不同失水时间的失水率不同,反映出各树种保水力不同。以失水12h为基准,10树种失水率大小比较结果为:杜仲>悬铃木>刺槐>银杏>侧柏>毛白杨>雪松>油松>白皮松>华山松,聚类分析结果表明,排在前面的4个阔叶树种为一类,后面5个针叶树种和一个阔叶树种组合为一类,当以6h或1d为基准时,聚类结果完全一致,不同的是,侧柏在失水前期失水率较毛白杨大,但后期(1d以后)则相反。这就在一定程度上表明,阔叶树种较针叶树种更易失水,即针叶树种普遍较阔叶树种保水力强。

表 1 不同失水时间 10 树种离体枝条水分参数的变化

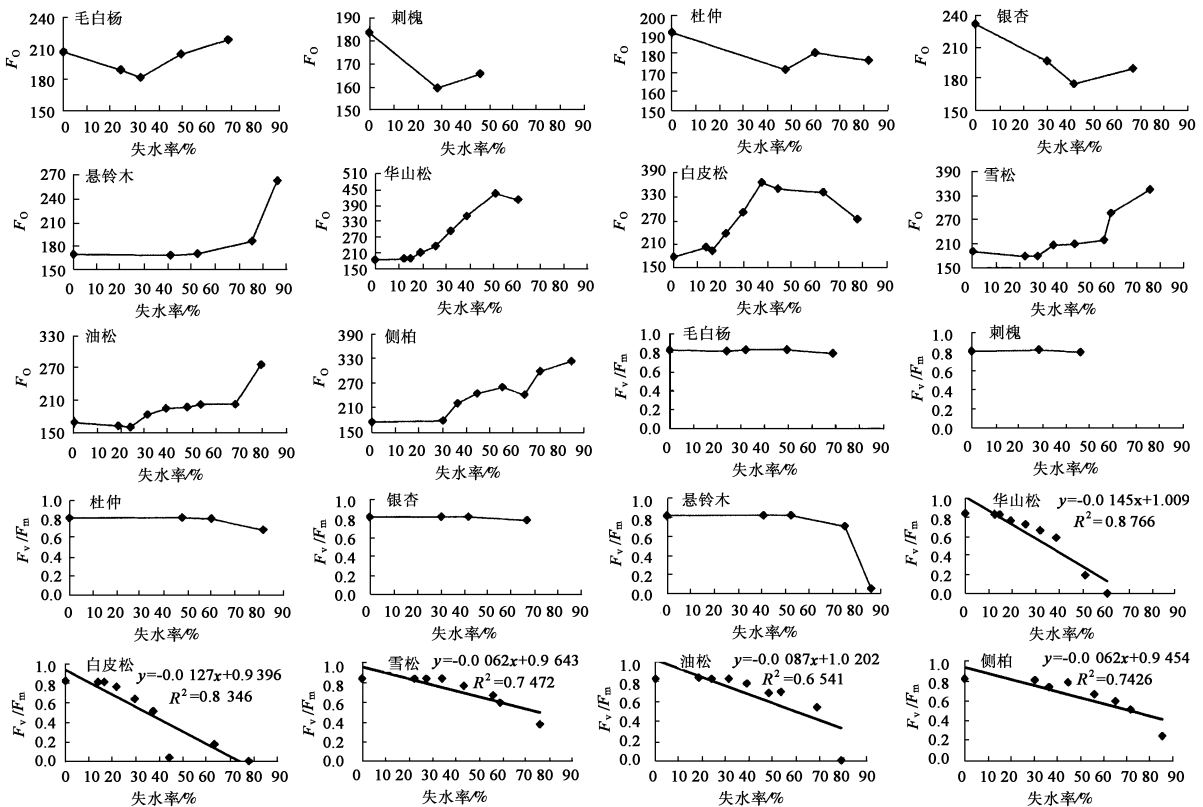
%

树种	6 h		12 h		1 d		2 d		3 d		4 d		7 d		11 d	
	WLR	RWC	WLR	RWC	WLR	RWC	WLR	RWC	WLR	RWC	WLR	RWC	WLR	RWC	WLR	RWC
毛白杨	23.99	76.01	32.25	67.75	49.64	50.36	68.97	31.03								
刺槐	28.51	71.49	46.33	53.67												
杜仲	47.90	52.10	60.25	39.75	82.22	17.78										
银杏	30.32	69.68	41.59	58.41	66.57	33.43										
悬铃木	41.12	58.88	52.75	47.25	75.43	24.57	86.48	13.52								
华山松	12.33	87.67	14.87	85.13	19.40	80.60	25.44	74.56	32.17	67.83	38.68	61.32	51.26	48.74	60.69	39.31
白皮松	13.96	86.04	16.49	83.51	21.98	78.02	29.57	70.43	37.60	62.40	44.40	55.60	63.56	36.44	78.02	21.98
雪松	22.34	77.66	27.57	72.43	34.27	65.73	43.27	56.73	56.03	43.97	58.91	41.09	75.96	24.04		
油松	18.63	81.37	24.08	75.92	31.52	68.48	39.32	60.68	48.09	51.91	53.67	46.33	68.80	31.20	79.43	20.57
侧柏	30.34	69.66	36.48	63.52	44.60	55.40	55.92	44.08	65.12	34.88	71.60	28.40	85.33	14.67		

2.2 不同水分胁迫程度、不同树种叶绿素荧光参数的变动规律

从图 1、2 及表 2 可以看出, 树种不同, 同一叶绿素荧光参数的变化范围及幅度均有所不同。总体来说, 5 种阔叶树种荧光参数值变化幅度要低于 5 种针叶树种, 这主要是因为这些阔叶树种失水相对较快, 在光合反应中心尚未完全失活时, 离体枝条叶片即已枯萎卷曲。方差分析结果表明: 以失水 12 h 为界点, 5 种阔叶树种间的荧光参数 F_o 彼此差异显著, F_m 、 F_v 、 F_v/F_m 、 F_m/F_o 及 F_v/F_o 差异达极显著, 失水时间对 5 种阔叶树种的 F_o 、 F_m 、 F_v 具显著影响, 对 F_v/F_m 、 F_m/F_o 及 F_v/F_o 影响不显著, 对于 5 种针叶树种, 除树种

对不同失水时间的 F_o 无显著影响及失水时间对不同树种的 F_o 无显著影响外, 5 种针叶树种在失水过程中的荧光参数的差异性与阔叶树种一致, 该差异产生的原因也许与针叶树种保水能力较强有关, 也在一定程度上反映了针阔两类树种间保水机制的差异; 若以失水 7 d 为界点, 5 种针叶树种间的荧光参数 F_o 与 F_v/F_m 彼此差异不显著, 其它参数均具极显著差异, 失水时间对 5 种针叶树种荧光参数均具极显著影响, 与失水 12 h 相比, 长时间的失水对 F_o 、 F_v/F_m 、 F_m/F_o 及 F_v/F_o 具有更显著的影响, 这表明, 在不同失水时间, 荧光参数的变化规律存在较大差异, 失水时间对荧光参数的变化具有显著的影响。

图 1 10 种华北地区主要造林树种离体枝条叶片叶绿素荧光参数 F_o 、 F_v/F_m 随失水率的变化

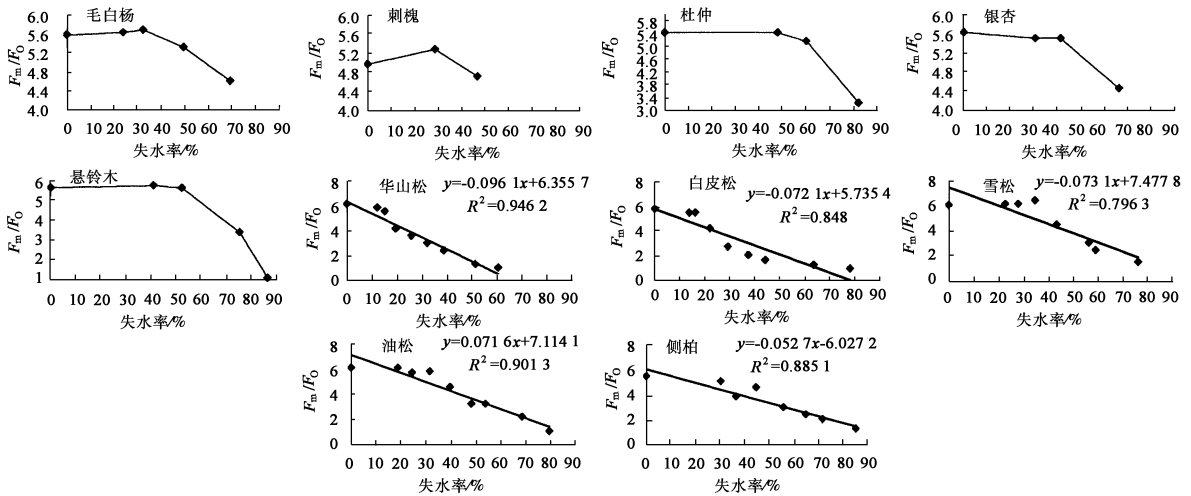


图 2 10种华北地区主要造林树种离体枝条叶片叶绿素荧光参数 F_m/F_o 随失水率的变化

从图 1 可看出, 5 个针叶树种在刚开始失水时 F_o 值变化幅度较小, 随着干旱处理时间的延长呈稳定上升趋势, 仅白皮松在干旱处理 3 d 后的变化有所不同; 阔叶树种毛白杨、刺槐、杜仲、银杏的 F_o 值随干旱处理时间的变化与针叶树不同, 在叶片失水前期, F_o 先下降, 而后随失水时间的延长, F_o 逐渐开始上升, 表明在轻度水分胁迫时, 这几种阔叶树种抗干旱的能力较强, 要指出的是 F_o 的下降可能与这些树种在失水过程中为了保护 PSII 反应中心免受光氧化破坏而增加了热耗散有关; F_o 的第 1 次上升表明光合反应中心转向失活, 而 F_o 的持续上升则标志着反应中心逐渐走向完全失活。悬铃木荧光参数 F_o 的变化与 5 个针叶树种类似, 在叶片失水 1 d 内, F_o 值相当稳定, 达 1 d 时其值略有上升, 而此后, 即当 RWC 低于 50% 时则迅速第 2 次上升, 5 个针叶树种在水分胁迫后期亦有类似的 F_o 迅速上升的现象, F_o 的迅速上升可理解为叶绿体光合反应中心失活的加剧。此外, 从图 1 还可看到, 白皮松荧光参数 F_o 在失水后期呈下降态势, 但最后的下降点还是显著高于开始失水时的上升点, 这可能是由于 F_o 的大小主要取决于 PSII 天线色素内的最初激子密度、天线色素之间以及天线色素到 PSII 反应中心的激发能传递机率的结构状态, 而严重失水导致植物叶片叶绿素含量降低。

图 1、2 以及表 2 表明, 虽然在某些失水时间点一些荧光参数具有增大的现象, 但在整个自然失水过程中, 各树种荧光参数 F_m 、 F_v 、 F_v/F_m 、 F_m/F_o 以及 F_v/F_o 均随胁迫程度的加深而趋于下降, 尤其是

悬铃木、侧柏、雪松、油松、白皮松和华山松下降趋势表现得更为显著, 且随着胁迫程度的加深, F_m 逐渐趋近于 F_a 、 F_v 、 F_v/F_m 及 F_v/F_o 趋近于 0、 F_m/F_o 趋近于 1, 一旦这些荧光参数接近极值, 即表明树种光合作用反应中心完全失活。图 1、2 直观地描述了各树种荧光参数 F_v/F_m 、 F_m/F_o 随失水率的变化过程, 从图中可看到, 在失水初期, F_v/F_m 变化幅度较小, 而 F_m/F_o 的变化就相对明显, 表明 F_m/F_o 对水分胁迫的反应较 F_v/F_m 更灵敏, 也就是说, 水分胁迫在尚未对 PSII 反应中心内禀光能转换效率构成影响时就已影响了通过 PSII 的电子传递情况; 5 种针叶树种荧光参数 F_v/F_m 、 F_m/F_o 随失水率的变化几乎成线性关系, 相关指数 R 均在 0.8 以上, 大部分树种在 0.9 以上, 且参数 F_v/F_m 与 F_m/F_o 的变化趋势曲线不全相同, F_v/F_m 的变化呈“凸”状, 即先平缓后快速下降, F_m/F_o 的变化则是呈倒“S”状, 即变化趋势为平缓、快速下降、平缓, 表明两参数在不同时刻均存在有突降点, 突降点为 PSII 反应中心失活过程中的关键点。总体而言, 随着水分胁迫的加重, 10 个树种的光能转换效率 F_v/F_m 都存在不同程度的下降, 表明所有树种均受到了胁迫诱导的光抑制, F_m/F_o 的下降则表明处于氧化态的 Q_A (PSII 的稳定原初电子受体) 量的渐增越来越阻断了 PSII 氧化侧向 PSII 反应中心的电子流动, 从而使 PSII 反应中心受到破坏。

2.3 叶绿素荧光参数与水分胁迫定量指标间的相关性

为进一步明晰不同荧光参数对水分胁迫或树种抗旱力的指示性, 本文从相关性的角度进行了探讨。

表 2 华北地区 10 种主要造林树种离体枝条叶片叶绿素荧光参数 F_m 、 F_v 、 F_v/F_m 、 F_m/F_o 及 F_v/F_o 随失水时间的变化

阔叶树种	失水时间	荧光参数			针叶树种	失水时间	荧光参数			
		F_m	F_v	F_v/F_o			F_m	F_v	F_v/F_o	
毛白杨	0 h	1 157.33	950.00	4.582	华山松	0 h	1 108.67	926.67	5.092	
	6 h	1 018.60	828.80	4.367		6 h	1 085.33	899.67	4.846	
	12 h	1 012.00	830.40	4.573		12 h	1 030.00	843.67	4.528	
	1 d	1 143.33	938.33	4.577		1 d	883.00	671.33	3.172	
	2 d	1 009.00	790.33	3.614		2 d	830.33	593.67	2.508	
刺槐	0 h	910.20	726.60	3.958		3 d	857.33	566.00	1.943	
	6 h	840.00	680.75	4.275		4 d	826.67	477.00	1.364	
	12 h	777.60	612.00	3.696		7 d	547.33	111.00	0.254	
杜仲	0 h	1 035.00	843.60	4.408		11 d	408.67	0.00	0.000	
	6 h	924.67	753.67	4.407		白皮松	0 h	1 028.67	851.33	4.801
	12 h	925.25	745.25	4.140			6 h	1 104.67	900.67	4.415
	1 d	567.67	391.33	2.219	12 h		1 062.00	867.33	4.455	
银杏	0 h	1 299.80	1 068.40	4.617	1 d		1 005.67	768.67	3.243	
	6 h	1 074.80	879.00	4.489	2 d		793.33	503.33	1.736	
	12 h	959.50	785.00	4.499	3 d		750.33	386.67	1.063	
	1 d	841.67	653.00	3.461	4 d		567.00	217.00	0.620	
悬铃木	0 h	949.00	780.00	4.615	7 d		425.67	85.67	0.252	
	6 h	965.50	797.50	4.747	11 d		271.00	0.00	0.000	
	12 h	951.20	781.40	4.602	雪松		0 h	1 156.67	967.67	5.120
	1 d	628.67	443.00	2.386			6 h	1 094.33	918.00	5.206
	2 d	274.33	13.00	0.050		12 h	1 093.67	915.00	5.121	
油松	0 h	1 019.25	850.75	5.049		1 d	1 327.67	1 123.00	5.487	
	6 h	994.00	832.00	5.136		2 d	939.67	732.33	3.532	
	12 h	917.00	757.33	4.743		3 d	660.67	444.33	2.054	
	1 d	1 068.00	885.33	4.847		4 d	704.00	418.00	1.462	
	2 d	882.67	689.67	3.573	7 d	536.67	192.00	0.557		
侧柏	3 d	630.00	435.00	2.231	油松	0 h	1 019.25	850.75	5.049	
	4 d	630.00	435.00	2.230		6 h	994.00	832.00	5.136	
	7 d	436.33	237.33	1.193		12 h	917.00	757.33	4.743	
	11 d	272.67	0.67	0.002		1 d	1 068.00	885.33	4.847	
	侧柏	0 h	938.50	765.50		4.425	2 d	882.67	689.67	3.573
		6 h	897.67	721.33		4.091	3 d	630.00	435.00	2.231
		12 h	847.50	627.50		2.852	4 d	630.00	435.00	2.230
1 d		1 111.50	869.00	3.584	7 d	436.33	237.33	1.193		
2 d		768.00	511.00	1.988	11 d	272.67	0.67	0.002		
3 d		580.00	339.00	1.407	侧柏	0 h	938.50	765.50	4.425	
4 d		606.50	308.50	1.035		6 h	897.67	721.33	4.091	
7 d	425.00	103.00	0.320	12 h		847.50	627.50	2.852		
				1 d		1 111.50	869.00	3.584		
				2 d		768.00	511.00	1.988		
				3 d		580.00	339.00	1.407		
				4 d		606.50	308.50	1.035		

从表 3 可以看到, F_m/F_o 与 F_v/F_o 以及 WLR 与 WC 的相关性一致。在水分胁迫前期, 树种不同, 树种荧光参数与水分参数的相关性存在较大差异, 毛白杨、华山松和油松的 F_o 值与失水率及含水量相关显著, 其它树种相关不显著, 且仅毛白杨和银杏的 F_m 与失水率显著相关, 这表明在水分胁迫前期, 所列荧光参数中仅 F_o 具备一定的指示性; 10 种树种在胁迫初期的荧光参数 F_v 、 F_v/F_m 、 F_m/F_o 及 F_v/F_o 均与水分参数相关不密切, 银杏、悬铃木、华山松、雪松及油松等 5 树种的可变荧光 F_v 与最大荧光 F_m

相关显著, 表明这些树种 F_v 的变化主要是 F_m 变化的结果, 刺槐等 3 树种的光能转换效率 F_v/F_m 与电子传递效率 F_m/F_o 显著相关。因此, 在水分胁迫较轻时, 荧光参数的指示性较弱, 且不同树种具指示性的荧光参数不一, 同时, 从表 2 中可以看到, 在胁迫前期, 阔叶树种含水量下降的幅度较失水率升高的幅度要小, 针叶树种的含水量及失水率下降的幅度均很低, 相关分析结果亦表明, 针叶树种的失水率与含水量间较阔叶树种具有更好的相关性, 这表明, 整体上针阔两类树种的抗旱机制存在明显不同。

表 3 水分胁迫 12 h 后 10 树种离体枝叶荧光参数、水分参数的自相关性及相关分析结果

树种	F_o	F_m	F_v	F_v/F_m	F_m/F_o	WLR	WC
毛白杨	F_m^* 、WLR [*] 、WC ^{**}	F_o^* 、WLR [*] 、WC [*]				WC [*]	WLR [*]
刺槐		WC [*]		F_m/F_o^*	F_v/F_m^{**}		
杜仲				F_m/F_o^{**}	F_v/F_m^{**}		
银杏		F_v^{**} 、WLR ^{**}	F_m^{**}			WC [*]	WLR [*]
悬铃木		F_v^*	F_m^* 、 F_v/F_m^*	F_v^*			
华山松	WLR [*] 、WC [*]	F_v^*	F_m^*			WC [*]	WLR ^{**}
白皮松			F_v/F_m^*	F_v^*		WC [*]	WLR ^{**}
雪松		F_v^*	F_m^*			WC [*]	WLR [*]
油松	F_m^* 、WLR [*] 、WC ^{**}	F_o^* 、 F_v^*	F_m^*			WC [*]	WLR [*]
侧柏		F_v/F_m^*		F_m^* 、 F_m/F_o^*	F_v/F_m^*	WC [*]	WLR [*]

注: WLR 及 WC 分别表示失水率和含水量; * 表明在 0.05 水平上显著相关, ** 表明在 0.01 水平上极显著相关。

从表 3 可见, 失水 7 d 后, 5 种针叶树种荧光参数均已接近或达到极值, 表明此时各树种已受到极度干旱胁迫。对自然失水 7 d 时 5 种针叶树种离体枝条叶片荧光参数与水分参数的相关性分析表明: 除荧光参数 F_o 与其它参数有时表现出在 0.05 水平上显著相关外, 其它荧光参数与水分参数的自相关性及相关性均达 0.01 显著水平, 这表明, 荧光参数对水分胁迫的响应随胁迫强度的加深而愈趋明显, 在胁迫前期, 荧光参数的指示性较微弱, 而在极度干旱时, 荧光参数表现出了良好的潜在指示性, 参考荧光参数在胁迫条件下相对水分正常时的变化, 各树种受水分胁迫的程度可得到一定的体现。

从表 2 统计出不同失水时期 5 种针叶树种荧光参数 F_v 、 F_v/F_m 、 F_v/F_o 及 F_m/F_o 的相对变化量, 可以发现, 自然失水 7 d 后, 这些荧光参数的相对变化量彼此间差异较大, 相对变化量由大到小依次为 $F_v/F_o > F_v > F_m/F_o > F_v/F_m$, 这一次序表明了各荧光参数在植物遭受深度水分胁迫时反映的灵敏性, 亦说明 F_v 、 F_v/F_m 、 F_v/F_o 及 F_m/F_o 等 4 荧光参数具有良好的干旱指示性。然而, 结合表 1 中各树种失水率大小可知, 以荧光参数的相对变化量和水分参数的大小对 5 种针叶树种进行排序的结果并不一致, 这表明荧光参数作为树种抗旱能力的定性度量指标是具有其现实意义的, 但作为定量度量指标则表现出一定的局限性。

3 结论与讨论

通过分析 10 树种叶片保水力大小、荧光参数随胁迫程度加深的变化及荧光参数与水分参数的相关性, 探讨了华北地区 10 个主要造林树种离体枝条叶

绿素荧光参数对干旱胁迫的指示性, 主要结论如下:

- (1) 以自然失水 6-12 h 或 1 d 为基准, 10 树种保水力从小到大依次为杜仲、悬铃木、刺槐、银杏、侧柏、毛白杨、雪松、油松、白皮松、华山松, 即针叶树种保水力普遍较阔叶树种强, 各树种保水机制具有较大差异;
- (2) 失水时间对荧光参数的变化规律具有显著的影响;
- (3) 在水分胁迫过程中, 5 种针叶树种荧光参数 F_v/F_m 、 F_m/F_o 随失水率的变化几乎呈线性关系, 参数 F_v/F_m 与 F_m/F_o 的变化趋势不全相同, F_v/F_m 的变化呈“凸”状, F_m/F_o 的变化则是呈倒“S”状;
- (4) 不同胁迫程度时, 树种荧光参数与水分参数的相关性具有明显差异, 程度愈深, 相关性愈显著, 且荧光参数对树种受胁迫程度及抗旱能力的指示性愈好;
- (5) 荧光参数作为树种抗旱能力的定性度量指标是具有其现实意义的, 但作为定量度量指标则表现出一定的局限性。对于植物叶片叶绿素荧光参数对干旱胁迫程度及多树种耐旱性的指示性, 本文也只是展开了一定层面的探讨, 尚需进一步的研究。在继续探讨荧光参数与水分参数间关系的同时, 可对荧光参数与树种其它耐旱性指标的相关关系展开研究, 深入探讨荧光参数的变化趋势, 尤其是荧光参数值的数量变化规律对树种受胁迫程度以及树种耐旱能力的指示性, 并结合胁迫过程中植物叶片的光合作用变化进行分析, 以全方位地揭示荧光参数对树种耐旱性的指示作用和树种在遭受干旱胁迫时的生理反应机理。

参考文献:

[1] 李吉跃. 太行山区主要造林树种耐旱特性的研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 1990 1~ 105
 [2] 张建国. 中国北方主要造林树种耐旱特性及其机理的研究 [D].

- 北京:北京林业大学, 1993 1~ 128
- [3] Foyer C H, Noctor G. Leaves in the dark see the light [J]. Science 2000, 284 5414~ 5416
- [4] Horton P, Ruben A V, Walters R G. Regulation of light harvesting in green plants indication by nonphotochemical quenching of chlorophyll fluorescence [J]. Plant Physiol 1994 106: 415~ 420
- [5] 许大全, 张玉全. 植物光合作用的光抑制 [J]. 植物生理学通讯, 1992, 28(4): 237~ 243
- [6] 徐德聪, 吕芳德, 潘晓杰. 叶绿素荧光分析技术在果树研究中的应用 [J]. 经济林研究, 2003, 21(3): 88~ 91
- [7] 陈盼竹, 李晓萍, 夏丽, 等. 叶绿素荧光技术在植物环境胁迫研究中的应用 [J]. 热带亚热带植物学报, 1995 3(4): 79~ 86
- [8] 赵会杰, 邹琦, 于振文. 叶绿素荧光分析技术在植物光合机理研究中的应用 [J]. 河南农业大学学报, 2000 34(3): 248~ 251
- [9] 李树华, 许兴, 郑国琦, 等. 牛心朴子叶绿素荧光参数日变化及其与气象因子的关系 [J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(2): 91~ 94
- [10] 谭新星, 许大全. 叶绿素缺乏的大麦突变体的光合作用和叶绿素荧光 [J]. 植物生理学报, 1996 22(1): 51~ 57
- [11] 冯建灿, 胡秀丽, 毛训甲. 叶绿素荧光动力学在研究植物逆境生理中的应用 [J]. 经济林研究, 2002 20(4): 14~ 18
- [12] 刘家尧, 衣艳君, 张承德, 等. 活体叶绿素荧光诱导动力学及其在植物抗盐生理研究中的应用 [J]. 曲阜师范大学学报, 1997, 23(4): 80~ 92
- [13] 王可玢, 许春辉, 赵福洪, 等. 水分胁迫对小麦旗叶某些体内叶绿素 a 荧光参数的影响 [J]. 生物物理学报, 1997 13(2): 273~ 278

2006年《林产化工通讯》征订启事

《林产化工通讯》(双月刊)是国家科委批准面向国内外公开发行的全国林产化工行业唯一的技术类刊物(国内刊号 CN 32-1328/S 国际刊号 ISSN 1005-3433),是《中国学术期刊(光盘版)》、“中国期刊网”、“中文科技期刊数据库”、“万方数据 数字化期刊群”全文收录期刊、“中国学术期刊综合评价数据库”来源期刊,《CAJ-CD 规范》执行优秀期刊,在 2002 年“第四届江苏省质量评估分级”中被评为一级期刊。

本刊坚持为经济建设服务、为基层服务的办刊宗旨,坚持以刊登新技术、新工艺、新设计、新设备、新材料为主要内容的办刊方针,突出技术类期刊的特点,注重稿件的时效性。主要栏目有研究报告、企业纵模、技改园地、开发探索、技术讲座、国外信息和国内简讯等固定栏目,以及专利快递、市场行情、开发指南等小栏目。适于松香、松节油、胶粘剂、制浆造纸、木材热解、活性炭、木材水解、栲胶、紫胶、森林资源、香精香料、日用化工、环保、医药、土产、商业、外贸、商检等部门从事科研、生产、教学和管理等相关人士阅读。

欢迎积极投稿、踊跃订阅或来人来函联系广告业务!

订阅方法 邮局发行,邮发代号 28-205,单月 25 日出版。每册定价 4.50 元,全年 27.00 元。亦可直接向本刊编辑部订阅。

地址: 210042 南京市锁金五村 16 号 林产化工研究所内

银行信汇户头: 中国林业科学研究院林产化学工业研究所 账号: 4301012509001028549

开户行: 工商银行南京板仓分理处 电话: (025) 85482492 传真: (025) 85413445

http //lchg. chinajournal. net. cn E-mail lchg@ chinajournal. net. cn