

文章编号: 1001-1498(2003)03-0299-07

西藏林芝云杉针叶净光合速率 对环境因子的响应

肖文发¹, 韩景军¹, 郭志华¹, 郭泉水¹, 郑维列², 罗大庆²

(1. 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 北京 100091;

2. 西藏农牧学院高原生态研究所, 西藏 林芝 860000)

摘要: 使用便携式光合系统仪 Li-6200 测定了西藏林芝云杉净光合速率的日变化及其对环境因子如量子辐射、相对湿度和 CO₂ 浓度的响应。研究表明: 林芝云杉的净光合速率在 11:00 点左右达到最大值, 然后逐渐下降, 到 19:00 点左右净光合速率降到 0 以下, 转入暗呼吸。林芝云杉树冠上层的针叶由于受光充分, 净光合速率较下层针叶大; 阴生叶与阳生叶的净光合速率, 上层差别不大, 下层以阴生叶为大。在气温 20 ℃ 左右、相对湿度 70% ± 5%、CO₂ 浓度为 305 mg · kg⁻¹ 条件下, 林芝云杉的光补偿点约为 107.5 μmol · m⁻² · s⁻¹, 光饱和点约为 770 μmol · m⁻² · s⁻¹; 在光强 800 μmol · m⁻² · s⁻¹、气温 20 ℃ 左右、相对湿度 70% ± 5% 条件下, 林芝云杉的 CO₂ 补偿点约为 157.2 mg · kg⁻¹, CO₂ 饱和点约为 3 811.33 mg · kg⁻¹。

关键词: 林芝云杉; 净光合速率; 日变化

中图分类号: S791.189 Q945.1 **文献标识码:** A

光合作用是植物重要的生理功能之一。植物通过光合作用为所有其它的生理活动提供能量和结构性物质。树木进行光合作用、同化 CO₂, 是森林生态系统能量流动和物质循环的基础, 是决定森林生产力的最重要的生理过程; 同时光合作用及其生产力的形成又受外界各种环境因素和树木自身光合特性的影响^[1]。以光合作用 CO₂ 同化为基础, 研究树木生长和产量形成的全过程及其与环境的关系, 是当今树木生理生态学最活跃的研究领域之一, 对于揭示林木产量形成的生理生态学原理和调控机制, 最大限度地提高森林生产力, 以及对未来环境变化和人类干扰下森林生长的模拟和预测, 具有十分重要的理论价值和现实意义^[2,3]。

林芝云杉 (*Picea likiangensis* (Franch.) Pritz. var. *linzhiensis* Cheng et L. K. Fu) 产于西藏东南部、云南西北部、四川西南部海拔 2 900 ~ 3 700 m 地带。木材坚韧, 纹理致密通直, 耐久用, 易加工, 可供建筑、桥梁、舟车、器具、细木加工及木纤维工业原料等用材。林芝云杉生长较快, 为分布区森林更新及荒山造林树种^[4]。作为青藏高原的特有速生用材树种, 林芝云杉在提供工业和民用用材及维护生态环境方面发挥着重要的作用。从林芝云杉产量形成的生理生态学基础的定量研究出发, 阐明林芝云杉产量形成的内在规律, 对于指导林芝云杉生产, 具有重要的理论价值和实际意义。

收稿日期: 2002-04-10

基金项目: 国家自然科学基金资助(39700021) 和国家自然科学基金重大研究计划(90211006) 资助

作者简介: 肖文发(1964—), 男, 湖北公安人, 研究员。

1 样地概况

试验地位于西藏自治区林芝县宗泽沟内(94°21' E, 29°33' N)。海拔2970 m, 坡度为6°, 林分为异龄天然林芝云杉幼林, 平均林龄为20 a, 密度为475株 \cdot hm⁻², 平均胸径为6.35 cm, 平均树高为4.4 m, 林下土壤为山地棕壤, 林内湿润。

林芝云杉林的下层有高山栎(*Quercus semicarpifolia* Smith)、白桦(*Betula platyphylla* Suk.)、尼泊尔花楸(*Sorbus wallichii* (Hook. f.) Yu)、粉叶小檗(*Berberis pruinosa* Franch.)、野决明(*Thermopsis lupinoides* (Linn.) Link.)等乔木或灌木, 盖度40%。

草本层有香薷(*Elsholtzia ciliata* (Thunb.) Hyland.)、风轮菜(*Clinopodium chinensis* (Benth.) O. Kuntze)、花锚菜(*Halenia comiculata* (L.) Cornaz.)、香青(*Anaphalis sinica* Hance)、麦冬(*Ophiopogon japonicus* (L. f.) Ker- Gawl.)、黄精(*Polygonatum sibiricum* Delar. ex Redoute.)等, 盖度15%。

2 研究方法

净光合速率用拉哥公司(LI-COR)的Li-6200系统测定。该光合系统可同时测定和计算净光合速率 A ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)、空气 CO_2 浓度 CA ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)、胞间 CO_2 浓度 CI ($\mu\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)、光合有效辐射量子通量密度 $PPFD$ ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)、气孔导度 $COND$ ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) 或 CS ($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$)、气孔阻力 $CINT$ ($\text{s} \cdot \text{cm}^{-1}$)、叶温 T_l ()、气温 T_a ()、空气相对湿度 Rh (%)、水汽压 E_{air} (Pa) 以及蒸腾速率 E ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)。

光合速率的测定以小枝为基本测定单位进行活体测定。选择生长正常、平均胸径、平均树高和冠幅的样树, 将树冠层分为上、下2层, 每层分1年生阳生叶小枝和阴生叶小枝进行测定。测定样枝要求生长正常, 针叶颜色、枝的长短、大小适中, 以保证测定样枝的代表性。叶面积采用浸水法测定。

2.1 针叶光合作用的日进程

于1999年6—7月选择3个典型天气(无云晴天、多云和阴天), 每天从8:30至19:30时测定上下2层南北方向针叶在周围自然环境条件下的净光合速率, 测定时间间隔为1 h。每个典型天气测2个重复。

2.2 净光合速率的光响应

在空气温度 20 ± 1 、大气 CO_2 浓度 $310 \pm 10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 左右和相对湿度 $70\% \pm 5\%$ 条件下, 测定从低光强到高光强的净光合速率, 并寻找光补偿点、光饱和点。光强变化后须待净光合速率稳定后再进行正式测定, 尤其是在低光强阶段。

2.3 净光合速率对 CO_2 浓度的响应

对高光强 ($800 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右) 下的净光合速率等进行连续测定, 利用人工注射法和系统内的 CO_2 吸收器 (Scrubber) 来快速改变叶室内 CO_2 的浓度, 以测定净光合速率等对 CO_2 浓度的响应曲线, 并寻找 CO_2 补偿点与饱和点。

2.4 净光合速率对空气相对湿度的响应

在空气温度 20 ± 10 、大气 CO_2 浓度 $310 \pm 10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和饱和光强 $800 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 下, 测定不同相对湿度条件下的净光合速率。叶室内空气湿度的控制是根据本身湿度状况和需

要,在叶室内放入不同量的湿润滤纸来调节叶室内相对湿度,并利用光合系统的流量调节旋钮稳定叶室内的相对湿度。当叶室内相对湿度稳定至少 2 min 后,再进行测定。

3 结果分析

3.1 林芝云杉净光合速率的日变化

表 1~4 是林芝云杉上下层、南北向 1 年生针叶的量子辐射、气温、CO₂ 浓度、相对湿度与净光合速率在多云(07-08)、晴朗(07-09)、阴天(07-13)天气下的日变化情况。

从表中可以看出,量子辐射在一天当中变化最大,气温、CO₂ 浓度与相对湿度变化比较平缓,净光合速率变化最小。量子辐射、气温与净光合速率的变化较为一致,而相对湿度与净光合速率的变化相关性不大。林芝云杉的净光合速率在 11:00 点左右达到最大值,然后逐渐下降,到 19:00 净光合速率降到 0 以下。

晴朗的天气,光照最强,其次为阴天,再次为多云天气。相对湿度以多云天气为最大,依次为阴天、晴天。气温、CO₂ 浓度与净光合速率相差不大。

上层的光照、相对湿度均较下层大,而气温、CO₂ 浓度相差不大。上层的针叶由于受光充分,净光合速率较下层针叶大。

上层南向的光照、气温、CO₂ 浓度与相对湿度稍高,下层北向的光照、气温、CO₂ 浓度与相对湿度稍高。南向针叶与北向针叶的净光合速率,上层差别不大,下层以阴生叶为大。这可能与阴生叶利用散射光和弱光的能力强有关。

表 1 林芝云杉南向上部 1 年生针叶净光合速率与环境因子在多云、晴朗、阴天天气下日变化状况

天气	时间(时:分)	量子辐射/ ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	气温/ ($^{\circ}\text{C}$)	大气 CO ₂ 浓度/ (mg kg^{-1})	相对湿度/ %	净光合速率/ ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
多云 (1999-07-08)	09:02	279.3	17.20	223.3	58.24	1.20
	10:45	492.2	23.56	219.1	36.33	2.08
	11:09	333.6	23.32	212.4	36.27	1.78
	15:01	1 110.0	29.08	186.6	33.52	1.56
	16:24	535.7	29.85	224.4	24.34	1.85
	16:57	502.1	26.54	201.2	21.68	1.19
	18:18	155.0	22.49	214.4	23.24	0.78
晴朗 (1999-07-09)	09:41	1 420.0	22.16	209.3	39.11	1.94
	10:41	505.4	25.02	231.1	28.03	1.78
	11:42	1 640.0	28.16	205.4	31.51	2.08
	13:41	1 894.0	28.40	244.6	27.45	1.27
	15:42	1 287.5	29.32	252.2	24.38	1.26
	16:40	148.6	27.54	226.1	16.64	0.50
	18:38	467.1	27.43	288.2	21.42	1.57
19:33	56.9	22.79	302.4	27.38	-0.12	
阴天 (1999-07-13)	08:41	242.4	16.46	294.7	55.84	1.74
	09:48	251.6	18.86	286.2	44.44	1.31
	10:43	378.6	21.23	271.0	42.80	2.03
	11:50	645.3	24.19	261.6	38.39	2.22
	12:44	1 333.0	28.60	248.5	34.31	2.04
	13:43	416.7	24.80	257.7	29.63	1.54
	14:51	663.6	26.92	261.2	28.84	1.83
	15:44	345.6	25.96	259.4	26.94	1.44
	16:47	598.5	28.81	261.4	22.74	1.26
17:56	107.9	25.09	275.4	26.37	0.67	

表2 林芝云杉北向上部1年生针叶净光合速率
与环境因子在多云、晴朗、阴天天气下日变化状况

天气	时间(时:分)	量子辐射/ ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	气温/ ($^{\circ}\text{C}$)	大气 CO_2 浓度/ (mg kg^{-1})	相对湿度/ %	净光合速率/ ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
多云 (1999-07-08)	09:08	291.3	18.42	266.2	54.24	1.29
	10:49	522.5	23.54	218.2	35.85	2.18
	11:13	366.8	23.62	215.6	35.42	1.71
	15:24	698.8	27.82	219.4	22.61	1.77
	16:28	465.1	29.16	204.2	21.15	1.45
	17:01	573.8	26.50	209.5	21.05	1.46
	18:23	134.2	22.48	222.8	22.45	0.54
晴朗 (1999-07-09)	09:50	1 888.0	25.58	249.4	29.89	2.24
	10:50	1 359.0	26.17	264.9	35.29	2.51
	11:47	1 662.0	29.06	209.6	29.41	1.70
	13:44	2 257.0	29.37	259.1	26.25	1.33
	15:45	457.9	29.19	258.3	15.51	0.71
	16:44	133.7	27.07	233.2	17.47	0.34
	18:41	661.4	27.97	280.0	20.18	1.05
	19:38	42.8	22.25	308.1	25.83	0.07
阴天 (1999-07-13)	08:47	253.9	17.28	296.7	45.88	1.54
	09:51	256.7	19.01	290.3	44.36	1.14
	10:47	480.6	21.70	354.6	38.65	2.40
	10:50	458.8	22.21	274.9	39.26	1.76
	11:53	1 877.0	25.53	264.7	35.09	2.18
	12:48	1 825.0	30.18	278.1	29.43	1.92
	13:46	562.5	25.10	270.7	31.46	1.89
	14:54	659.0	27.22	264.5	30.55	1.92
	15:47	391.8	25.74	282.2	26.07	1.52
16:51	593.9	28.66	263.2	20.66	1.78	

表3 林芝云杉南向下部1年生针叶净光合速率
与环境因子在多云、晴朗、阴天天气下日变化状况

天气	时间(时:分)	量子辐射/ ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	气温/ ($^{\circ}\text{C}$)	大气 CO_2 浓度/ (mg kg^{-1})	相对湿度/ %	净光合速率/ ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
多云 (1999-07-08)	10:38	183.3	23.07	210.4	43.73	1.92
	11:27	116.6	23.40	293.1	33.27	1.07
	15:39	349.4	27.22	333.4	28.82	2.20
	16:19	180.3	28.95	274.6	25.71	2.28
	17:16	96.4	24.82	215.5	22.02	0.52
	18:09	38.6	22.37	224.5	16.75	0.12
晴朗 (1999-07-09)	10:04	140.5	27.27	230.4	28.07	1.19
	11:06	91.3	27.01	238.4	28.01	1.00
	12:05	50.0	29.09	267.5	27.20	0.31
	13:57	38.8	30.28	259.6	19.59	- 2.51
	16:00	259.2	29.07	255.2	19.38	0.89
	18:54	781.7	29.20	280.4	21.48	1.47
19:51	13.7	20.89	316.2	30.11	- 0.29	
阴天 (1999-07-13)	09:02	200.8	19.08	287.5	42.17	1.30
	10:05	107.5	19.95	285.4	42.77	1.18
	11:04	131.9	22.34	276.3	39.40	1.46
	12:04	193.9	28.03	269.8	28.19	- 0.17
	13:01	160.1	27.90	270.5	23.60	1.03
	15:08	263.5	27.69	260.4	24.81	1.32
17:03	144.4	27.69	348.4	20.65	1.06	

表 4 林芝云杉北向下部 1 年生针叶净光合速率
与环境因子在多云、晴朗、阴天天气下日变化状况

天气	时间(时:分)	量子辐射/ ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	气温/ ($^{\circ}\text{C}$)	大气 CO_2 浓度/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	相对湿度/ %	净光合速率/ ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)
多云 (1999-07-08)	09:37	222.4	21.70	330.9	41.85	3.33
	10:11	347.2	22.36	279.1	39.90	3.19
	11:36	403.0	23.88	220.0	36.82	3.04
	13:28	341.7	23.01	263.7	41.82	2.50
	15:46	576.2	27.95	201.1	24.38	1.50
	16:11	1 678.0	27.90	230.0	30.91	2.39
	17:26	90.6	23.68	210.3	19.38	0.64
	17:59	116.0	22.59	217.0	23.71	0.98
晴朗 (1999-07-09)	10:11	329.5	26.37	213.8	29.09	2.54
	11:15	125.7	25.67	233.9	28.83	1.13
	12:21	49.3	26.39	264.0	15.55	0.24
	14:04	1 159.0	31.45	252.2	18.37	1.69
	16:07	687.2	29.40	223.1	17.84	1.35
	19:00	631.6	29.62	315.9	16.25	1.81
	19:56	20.7	20.65	309.0	31.89	- 0.07
阴天 (1999-07-13)	09:09	218.8	19.74	313.3	42.47	2.53
	10:12	220.5	20.61	290.6	40.51	2.51
	11:11	201.7	22.51	321.2	40.14	2.62
	12:11	277.3	26.58	280.7	24.84	2.24
	13:08	256.5	26.63	264.8	25.20	1.79
	15:15	574.3	29.04	271.7	23.77	2.13
	17:09	419.0	28.03	286.8	18.91	2.14

3.2 控制条件下林芝云杉净光合速率对光照强度的响应

光是植物进行光合作用的能源,也是对植物光合机构最重要的和影响最大的环境因素之一^[5]。关于林芝云杉光合作用对光响应的研究未见报道。图 1 是林芝云杉净光合速率对不同光照的响应。林芝云杉针叶净光合速率随着光照增加而增大,光照达到 $107.5 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,净光合速率超过 0;当光照增加到 $770 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,净光合速率达到最大值,光照再增加,净光合速率不再增加,在最大值附近波动。因此,林芝云杉在气温 28 ± 5 、相对湿度 $70 \% \pm 5 \%$ 、大气 CO_2 浓度 $280 \pm 5 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 条件下的光补偿点约为 $107.5 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,光饱和点约为 $770 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

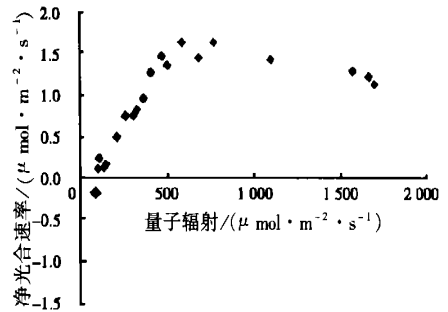


图 1 不同光照下林芝云杉净光合速率变化曲线(1999-07-16)

3.3 控制条件下林芝云杉净光合速率对 CO_2 浓度的响应

CO_2 是绿色植物进行光合作用不可或缺的原料。不同 CO_2 浓度下林芝云杉净光合速率的反应见图 2。

在饱和光强 $800 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、气温 20 左右、相对湿度 $70\% \pm 5\%$ 条件下,林芝云杉的净光合速率随 CO_2 浓度增加而增大。 CO_2 浓度增加到 $3811.33 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,林芝云杉净光合速率达到最大。 CO_2 浓度再增加,净光合速率反而下降。因此, CO_2 浓度为 $3811.33 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 应该是林芝云杉针叶光合作用的 CO_2 饱和点。 CO_2 浓度为 $157.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,林芝云杉的净光合速率接近于 0,因此,林芝云杉光合作用的 CO_2 补偿点约为 $157.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。林芝云杉 CO_2 补偿点比其他人的测量结果要高,这可能与该地区特殊的地理位置有关。

3.4 控制条件下林芝云杉净光合速率对相对湿度的响应

供水状况是影响植物光合作用的最重要的环境因子之一。在土壤—植物—大气连续体中,植物水分状况受土壤和大气水分的双重影响。当土壤供水充足时,大气水分亏缺是影响植物蒸腾和水分关系的重要因子^[6-7]。

空气相对湿度可以影响林芝云杉气孔的开闭,不同相对湿度条件下林芝云杉针叶净光合速率的变化如图 3 所示。

不同相对湿度对林芝云杉针叶光合速率的影响比较复杂。在饱和光强 $800 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、气温 20 左右、正常大气 CO_2 浓度 $305 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 条件下,林芝云杉净光合速率在相对湿度 12%、29%、61% 各有一个峰值。这说明实验条件下,空气相对湿度并非影响林芝云杉针叶净光合速率的主要因子,同时还受其它一些因子的影响,造成了林芝云杉针叶净光合速率对空气相对湿度的响应规律不明显。

4 小结与讨论

(1) 林芝云杉光合作用的生产率相对青藏高原特殊的地理位置来说是比较高的。其净光合速率的日变化规律与其它树种一致。

(2) 在林芝地区,保证林芝云杉光合作用正常进行的光照强度约为 $500 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右。本地区生长季阴雨天较多,但林芝云杉的生长仍然较快,说明林芝云杉对光能的利用率较高,可能的原因是林芝云杉针叶利用弱光与散射光的能力较强,其中的机制有待于进一步研究。

(3) CO_2 浓度增加是全世界广泛关注的一个问题。从实验中可以看出, CO_2 浓度增加可以在一定程度上提高林芝云杉的净光合速率,进而提高林芝云杉的生产力。但是,这只是一个短

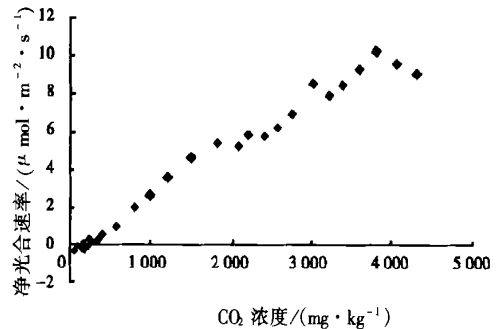


图 2 不同 CO_2 浓度对林芝云杉净光合速率的影响(1999-07-15)

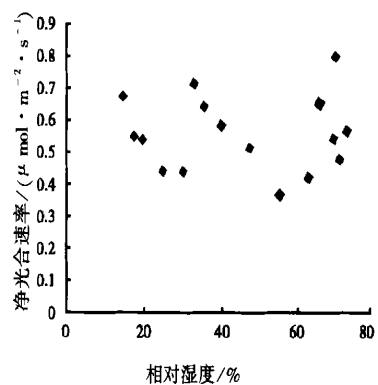


图 3 不同相对湿度下林芝云杉净光合速率变化曲线(1999-07-17)

期的观察结果。长期高浓度 CO₂ 对林芝云杉光合生产的影响需要进一步的研究。

(4) 本次实验中所测的林芝云杉光补偿点、光饱和点、CO₂ 补偿点、CO₂ 饱和点并非严格意义上的植物生理学上的指标。因为目前还不十分清楚林芝云杉的生物学与生态学特性,其所要求的最适温度、湿度和光照条件还有待于深入研究。

参考文献:

- [1] Kramer P T, Kozlowski T T. Physiology of Woody Plants[M]. New York: Academic Press, 1979
- [2] 朱春全. 树木光合作用、呼吸作用生理生态学研究的历史及发展趋势(综述)[A]. 见: 周晓峰. 森林生态系统研究[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1992. 87~104
- [3] 肖文发. 杉木人工林单叶至冠层光合作用的扩展与模拟研究[J]. 生态学报, 1998, 18(6): 621~628
- [4] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志(第七卷)[M]. 北京: 科学出版社, 1978. 156
- [5] 沈允钢, 许大全. XV 光合机构对环境的响应和适应[A]. 见: 余叔文, 汤章城. 植物生理与分子生物学[M]. 北京: 科学出版社, 1992. 225~235
- [6] 郭连生, 田有亮. 9种针阔叶幼树的蒸腾速率、叶水势与环境因子关系的研究[J]. 生态学报, 1992, 12(1): 47~52
- [7] 郭连生, 田有亮. 4种针叶幼树的光合生理特性与大气湿度关系的研究[J]. 生态学报, 1994, 14(2): 136~141

Response of Linzhi Spruce 's Net Photosynthetic Rate to Environmental Factors in Tibet

XIAO Weirfa¹, HAN Jing-jun¹, GUO Zhi-hua¹, GUO Quan-shui¹,
ZHENG Wei-lie², LUO Da-qing²

(1. Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, CAF, Beijing 100091, China;

2. Institute of Plateau Ecology, College of Tibetan Agriculture and Husbandry, Linzhi 860000, Tibet, China)

Abstract: The daily change of net photosynthetic rate (NPR) and its response to environment factors such as quantum radiation, relative humidity and CO₂ concentration of Linzhi spruce (*Picea likiangensis* var. *linzhiensis*) was monitored with a portable photosynthesis system. It is showed that the maximal NPR happened at 11:00, then the rate decreased and down below zero at about 19:00 in which Linzhi spruce entered dark respiration. NPR of top and outlayer needles on tree 's crown is bigger than that of the lower part needles due to sunlight. On the lower part of tree crown, southern needle 's NPR is higher than the northern. However, no difference was presented of NPR of southern and northern needles on the top of the tree crown. Under the conditions of air temperature 20 °C, relative humidity 70% ± 5% and CO₂ concentration 305 mg · kg⁻¹, the light compensation point of Linzhi spruce is 107.5 μmol · m⁻² · s⁻¹ and its light saturation point is 770 μmol · m⁻² · s⁻¹. As increasing the light density to 800 μmol · m⁻² · s⁻¹, the CO₂ compensation point is 157.2 mg · kg⁻¹ and the CO₂ saturation point is 3 811.33 mg · kg⁻¹.

Key words: *Picea likiangensis* var. *linzhiensis*, net photosynthetic rate, daily change