

5种阔叶树的光合生理生态特性研究*

侯凤莲 纪兆兴 丁梦娟 (吉林林学院, 吉林 132011)

【摘要】 对核桃楸、水曲柳、黄波罗、紫椴和白桦的光合生理生态特性研究表明,随着幼叶成长、叶绿素含量的增加,各树种光合能力与硝酸还原酶活力也增加。晴天,白桦与水曲柳光合曲线呈双峰,其余3树种呈单峰;阴雨数日转晴后,白桦与水曲柳光合曲线呈单峰,其余3树种呈双峰;阴天,5个树种光合曲线均与光照曲线相似。幼叶成长过程中硝酸还原酶活力与光合速率呈正相关;各树种的光合速率除受光的影响外,空气相对湿度是光能利用的限制因子。

关键词 核桃楸 水曲柳 光合速率 叶绿素含量 硝酸还原 酶活力

Study on photosynthetic physio-ecological characteristics of five broad-leaf species. Hou Fenglian, Ji Zhaoxing and Ding Mengjuan (Jilin Forestry College, Jilin 132011). -Chin. J. Appl. Ecol., 1995, 6(supp.): 14-18.

Studies on photosynthetic physio-ecological characteristics of *Juglans mandshurica*, *Fraxinus mandshurica*, *Betula platyphylla*, *Tilia amurensis* and *Phellodendron amurense* show that photosynthetic capacity and nitrate reductase activity of different tree species are increased with increasing young leaves growth and chlorophyll content. In clear days, the diurnal patterns of *B. platyphylla* and *F. mandshurica* photosynthesis show a two-peak, and other three species one-peak, but on the contrary in clear days after overcast and rainy. In cloudy days, the photosynthesis curves of five species are similar to light intensity ones. Nitrate reductase activity is positively correlated with the photosynthetic rate during young leaves growing. The relative air humidity is a limiting factor for utilizing light energy except for the influence of light on the photosynthetic rate of different species.

Key words *Juglans mandshurica*, *Fraxinus mandshurica*, Photosynthetic rate, Chlorophyll content, Nitrate reductase activity.

1 引言

核桃楸(*Juglans mandshurica*)、水曲柳(*Fraxinus mandshurica*)、紫椴(*Tilia amurensis*)、黄波罗(*Phellodendron amurense*)和白桦(*Betula platyphylla*)等均是东北主要用材树种,但对其生理生态特性研究得较少。本文对其光合生理生态特性进行了研究,旨在为各类森林经营提供理论依据。

2 自然概况和研究方法

2.1 材料

供试树木为吉林林学院校园内绿化树。核桃楸15年生,平均树高8.7m,平均胸径10.0cm;水曲柳17年生,平均树高7.85m,平均胸径7.5cm;黄波罗16年生,平均树高6.06m,平均胸径6.0cm;紫椴17年生,平均树高6.75m,平均胸径7.0cm;白桦17年生,平均树高10.20m,平均胸径12.0cm。实验地为砂壤土,年降雨量650mm,年平均气温4.4℃。

2.2 测定方法

2.2.1 叶绿素含量测定 从幼叶开放到6月2日每5天采样测定1次。取样部位为距地面3m高向阳叶及背光叶,分别测定。用Arnon法,使用722

* 吉林省林业厅资助项目。

1994年8月15日,12月26日改回。

光栅型分光光度计测定,每个样品重复3次,取平均值。

2.2.2 最大光合能力测定 取样时间、部位同

2.2.1.由测定叶绿素的叶片上随机切取 1cm^2 叶面,切成 1mm^2 小块,经真空渗入碳酸氢钠缓冲液,用氧电极法^[1]于 25°C 下人为控制的不同光强下测定其最大光合放氧量.最大光合能力以 $\mu\text{mol O}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ 表示. CY-2 型测氧仪配以自制的反应室,用超级恒温水浴控制反应室的温度,碘钨灯作光源,由自耦变压器调节光强。

2.2.3 硝酸还原酶活性测定 取样时间、部位同

2.2.1.测定方法为体内分析法^[4].用 722 光栅型分光光度计测定消光值.酶活性用 $\mu\text{gNO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 表示.每个样品 3 次重复,求平均值。

2.2.4 光合日变化测定 1992 年 5 月 25 日—6 月 30 日,每日 6:00—18:00 每隔 1h 测定 1 次.每种树按平均树高选择 3 株供试树,求平均值.测定部位均为树冠向阳面,距地面 3m 高的阳生叶.仪器为 GH-Ⅱ 型光合仪,光合速率以 $\text{mgCO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ 表示.在测定光合速率的同时测定气温、空气相对湿度和日照强度(日照强度用 ZDS-10 型照度计测定,单位由 L_x 换算成光子流密度,以 $\mu\text{mol 光子} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 表示)。

3 结果与分析

3.1 各树种光合速率日变化

在晴天(图 1),白桦和水曲柳的最大光合速率大约出现在 11:00 左右,12:00—15:00,由于气温高而空气相对湿度低于 35%,光合速率下降,出现“光合午睡”现象,16:00 由于空气相对湿度回升到 35%以上,光合速率回升.即在晴天,白桦和水曲柳光合曲线呈双峰,最高峰大约出现在 11:00,第 2 次高峰大约出现在 16:00;核桃楸最大光合速率大约出现在 9:00,10:00 以后因空气相对湿度低于 50%,光照强度的增减都不能使光合速率回升,因而光合曲线呈单峰;紫椴与黄波罗亦呈单峰,峰值大约出现在 10:00,是因 11:00 以后空气相对湿度低于 45%所致。

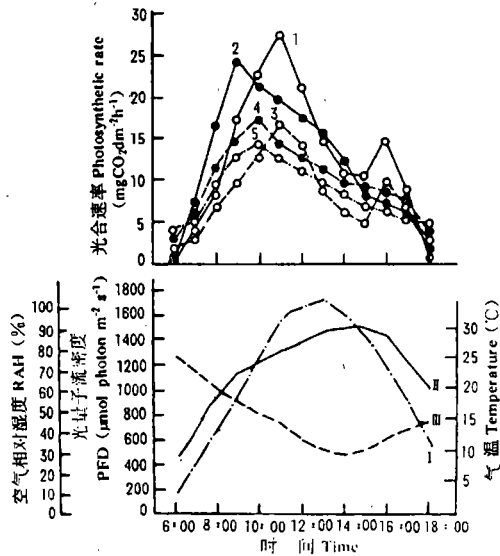


图 1 晴天各树种光合速率日变化(1992.6.12.)

Fig. 1 Diurnal patterns of photosynthetic rates of different species in clear day.

I. 光子流密度 Photo flow density (PFD), II. 气温 Temperature, III. 空气相对湿度 Relative air humidity (RAH).

1. 白桦 *B. platyphylla*, 2. 核桃楸 *J. mandshurica*, 3. 水曲柳 *F. mandshurica*, 4. 紫椴 *F. amurensis*, 5. 黄波罗 *Ph. amurense*. (下同)。

在阴雨两日后转晴天气(图 2),由于空气相对湿度始终大于 35%,所以白桦与水曲柳光合曲线呈单峰,不再出现“光合午睡”现象.而白桦在 12:00—14:00 的光合速率几乎不变,水曲柳 11:00—15:00 也一直维持最高值,虽然气温与空气相对湿度对其光合都为最适条件,但光合速率不再随光强的增加而上升.相同条件下其它 3 个树种的光合曲线却呈双峰,核桃楸在 12:00—15:00 之间出现“光合午睡”,紫椴与黄波罗的“光合午睡”现象出现在 13:00—14:00 之间,这是由于核桃楸在空气相对湿度低于 50%时,不能充分利用光能,光合速率明显下降;而紫椴与黄波罗只有当空气相对湿度低于 45%时,光合速率才下降。

在阴天(图 3),由于光照强度低于 $200\mu\text{mol 光子} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,光补偿点高的白

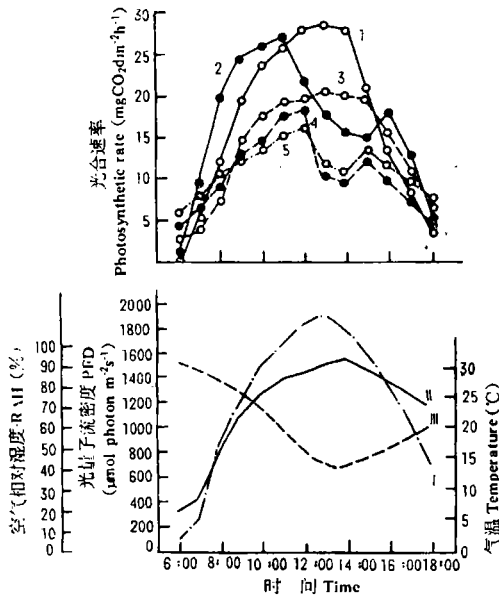


图2 雨后转晴天气各树种光合速率日变化(1992. 6. 24.)

Fig. 2 Diurnal patterns of photosynthetic rates of different species in clear day after rainy.

桦光合速率明显低于其他4个树种,而黄波罗的光合速率最高. 核桃楸虽然光补偿点较高,但随着光强的增加光合速率增加的较快,也有较高的光合速率. 紫椴的光合速率低于核桃楸,但高于水曲柳. 5个树种共同的特点是:在阴天,光合速率的限制因子为光强度,各树种光合日变化曲线与光照强度曲线相似,而受温度、空气相对湿度影响较小. 核桃楸阴天的光合速率约为晴天的20%,黄波罗约为33%,紫椴约为25%,水曲柳约为16%,而白桦约为4.7%.

3.2 各树种幼叶发育过程中叶绿素含量与光合能力的变化

春季幼叶刚萌发时,各树种的阳生叶与阴生叶的叶绿素含量很相近,且叶绿素a与叶绿素b的比值基本相同(表1). 这说明春季幼叶刚萌发不久,各树种的阳生叶和阴生叶的差别还未形成,喜光程度的差别也未形成. 此时阳生叶与阴生叶的光合能力也接近(表2),各树种间光合能力的差别

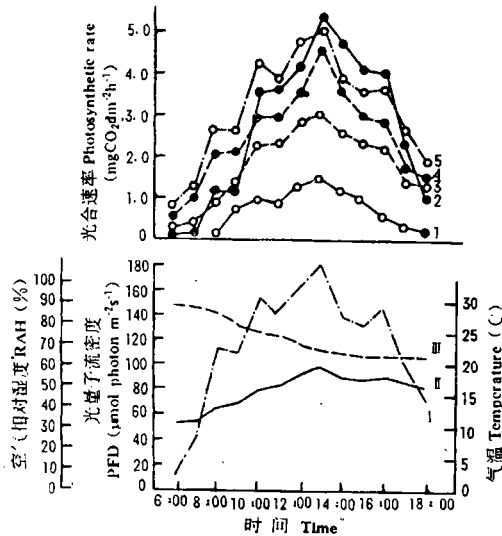


图3 阴天各树种光合速率日变化

Fig. 3 Diurnal patterns of photosynthetic rates of different species in cloudy day.

基本上与叶绿素含量多少有关. 因此,放叶早、放叶快的白桦与紫椴在早春应比其他3个树种同化能力强.

由表1、2可见,随着幼叶的成长,叶绿素含量的增加,各树种的最大光合能力也增加,只有当叶子发育成熟,即叶片达到固定大小,叶绿素含量达到最大值,叶绿素a与叶绿素b的比例接近一稳定值,叶片的最大光合能力基本稳定,如表中最后2次的测定基本上接近. 各树种叶片发育成熟后的最大光合能力远比实际最大光合速率大(图1). 影响光合能力的发挥主要取决于当时的气候条件. 如在光照与温度适宜时,往往空气相对湿度过低,造成蒸腾过快而引起气孔关闭,阻碍CO₂的吸入,结果使光合速率下降. 而在湿度适宜时又往往温度与照度较低,使其光合能力发挥不出来.

3.3 各树种硝酸还原酶活力及其与光合速率的关系

随着幼叶的成长,叶片光合能力的增加,硝酸还原酶活力也逐渐加大. 生长较快,光合能力较强的白桦与核桃楸的硝酸

表 1 各树种幼叶发育过程中叶绿素含量变化
Table 1 Variation of chlorophyll content in development process of young leaves of different tree species

树 种 Species	观测日期 Date (month • date)	叶绿素含量 Chl. content(mg • g ⁻¹)							
		阳生叶 Light demanding leaves				阴生叶 Shade demanding leaves			
		叶绿素 a Chl. a	叶绿素 b Chl. b	合 计 Total	a/b	叶绿素 a Chl. a	叶绿素 b Chl. b	合 计 Total	a/b
白 桦 <i>B. platyphylla</i>	5. 10	0. 619	0. 255	0. 874	2. 4	0. 625	0. 258	0. 883	2. 4
	5. 15	1. 227	0. 438	1. 665	2. 8	1. 183	0. 488	1. 671	2. 4
	5. 20	1. 547	0. 512	2. 059	3. 0	1. 576	0. 685	2. 261	2. 3
	5. 25	1. 554	0. 515	2. 069	3. 0	1. 572	0. 683	2. 255	2. 3
紫 椴 <i>T. amurensis</i>	5. 10	0. 667	0. 272	0. 939	2. 4	0. 687	0. 276	0. 963	2. 5
	5. 15	1. 193	0. 452	1. 645	2. 6	1. 195	0. 498	1. 693	2. 4
	5. 20	1. 755	0. 615	2. 370	2. 8	1. 740	0. 916	2. 656	1. 9
	5. 25	1. 745	0. 611	2. 356	2. 8	1. 744	0. 917	2. 661	1. 9
核桃楸 <i>J. mandshurica</i>	5. 15	0. 749	0. 288	1. 037	2. 6	0. 755	0. 309	1. 064	2. 4
	5. 20	1. 088	0. 375	1. 463	2. 9	1. 069	0. 436	1. 505	2. 4
	5. 25	1. 884	0. 628	2. 512	3. 0	1. 963	0. 892	2. 855	2. 2
	5. 30	1. 905	0. 635	2. 540	3. 0	1. 969	0. 891	2. 860	2. 2
水曲柳 <i>F. mandshurica</i>	5. 18	0. 605	0. 237	0. 842	2. 6	0. 579	0. 241	0. 820	2. 4
	5. 23	0. 950	0. 325	1. 275	2. 9	0. 933	0. 406	1. 339	2. 3
	5. 28	1. 453	0. 482	1. 935	3. 0	1. 483	0. 706	2. 189	2. 1
	6. 2	1. 469	0. 488	1. 957	3. 0	1. 491	0. 708	2. 199	2. 1
黄菠萝 <i>Ph. amurense</i>	5. 18	0. 331	0. 138	0. 469	2. 4	0. 350	0. 152	0. 502	2. 4
	5. 23	0. 698	0. 388	1. 086	1. 8	0. 724	0. 402	1. 126	1. 8
	5. 28	1. 218	0. 677	1. 895	1. 8	1. 335	0. 954	2. 289	1. 4
	6. 2	1. 239	0. 688	1. 927	1. 8	1. 321	0. 944	2. 265	1. 4

表 2 各树种幼叶发育过程中最大光合能力变化
Table 2 Variation of maximum photosynthetic capability in development process of young leaves of different tree species

树 种 Species	观测日期 Date (month • date)	阳生叶 Light demanding leaves		阴生叶 Shade demanding leaves	
		最大光合速率 Max. photo-synthetic rate (mgCO ₂ dm ⁻² h ⁻¹)	光子流密度 PFD (μmol photon m ⁻² s ⁻¹)	最大光合速率 Max. photo-synthetic rate (mgCO ₂ dm ⁻² h ⁻¹)	光子流密度 PFD (μmol photon m ⁻² s ⁻¹)
白 桦 <i>B. platyphylla</i>	5. 10	3. 2	756	3. 3	756
	5. 15	6. 6	910	6. 7	910
	5. 20	30. 6	1344	31. 2	1344
	5. 25	30. 4	1344	31. 2	1344
紫 椴 <i>T. amurensis</i>	5. 10	2. 4	518	2. 6	518
	5. 15	4. 8	588	5. 2	588
	5. 20	21. 4	672	21. 8	672
	5. 25	21. 4	672	21. 9	672
核桃楸 <i>J. mandshurica</i>	5. 15	3. 4	756	3. 4	756
	5. 20	7. 6	900	7. 5	900
	5. 25	31. 1	1260	32. 4	1260
	5. 30	31. 4	1260	32. 5	1260
水曲柳 <i>F. mandshurica</i>	5. 18	3. 1	700	3. 0	700
	5. 23	8. 2	868	8. 3	868
	5. 28	22. 9	1232	23. 2	1232
	6. 2	23. 1	1232	23. 4	1232
黄菠萝 <i>Ph. amurense</i>	5. 18	2. 1	420	2. 5	420
	5. 23	6. 3	490	7. 0	490
	5. 28	18. 9	588	19. 2	588
	6. 2	18. 9	588	19. 2	588

* 最大光合速率单位测定时为 μmolO₂dm⁻²h⁻¹, 为便于与自然条件下光合速率相比较, 换算成 mgCO₂dm⁻²h⁻¹.

还原酶活力增长快, 成熟叶酶活力为嫩叶的 10 倍左右. 而生长较慢, 光合能力较弱的黄波罗的酶活力增长较慢, 成熟叶酶活力仅为嫩叶的 5 倍. 其他 3 个树种介于二者之间(表 3). 5 个树种的硝酸还原酶活力

表 3 各树种幼叶发育过程中硝酸还原酶活性变化
Table 3 Variation of nitrate reductase activity in development process of young leaves of different tree species

树 种 Species	观测日期 Date (month • date)	硝酸还原酶活力 N. R. A. (μgNO ₂ g ⁻¹ h ⁻¹)	
		阳生叶 Light deman- ding leaves	阴生叶 Shade deman- ding leaves
白 桦 <i>B. platyphylla</i>	5. 10	0. 225	0. 225
	5. 15	0. 508	0. 505
	5. 20	2. 201	2. 206
	5. 25	2. 204	2. 213
紫 椴 <i>T. amurensis</i>	5. 10	0. 107	0. 111
	5. 15	0. 348	0. 352
	5. 20	0. 519	0. 524
	5. 25	0. 521	0. 532
核桃楸 <i>J. mandshurica</i>	5. 15	0. 272	0. 260
	5. 20	0. 516	0. 512
	5. 25	2. 698	2. 722
	5. 30	2. 704	2. 725
水曲柳 <i>F. mandshurica</i>	5. 18	0. 315	0. 302
	5. 23	0. 772	0. 785
	5. 28	1. 831	1. 898
	6. 2	1. 838	1. 892
黄菠萝 <i>Ph. amurense</i>	5. 18	0. 184	0. 194
	5. 23	0. 392	0. 404
	5. 28	0. 903	0. 987
	6. 2	0. 912	0. 992

与光合速率呈正相关.这是因为光合作用提供 N 代谢所需要的碳水化合物,通过光调节酶的活性和光呼吸提供还原剂 $\text{NADH}^{[3]}$,因此硝酸还原酶活力为光和光合作用所促进.而硝酸还原酶活力的提高使 N 同化过程和蛋白质合成加快,促进幼叶中叶绿体成长,增加光合能力.

4 讨 论

4.1 由于在幼叶成长过程中硝酸还原酶活力与叶片光合能力互有促进作用,而硝酸还原酶活力又与硝态氮肥力水平有关^[2],因此在早春为了加快幼叶成长和叶绿体发育,以及提高树木光合能力,应为树木生长提供足够的硝态氮.

4.2 由于核桃楸、紫椴和黄波罗在较湿润的空气条件下才能充分利用光能,因此造

林前期密度应大一些,使其早日郁闭,形成比较湿润的环境,为充分发挥其光合能力创造条件.成林后定期间伐,间伐强度不宜过大,即要保持湿润的空气条件又要有足够的光照,才能维持最大的光合速率,以促进林木速生.

白桦与水曲柳对空气湿度条件要求不严,为了充分利用光能,造林密度不应大,成林后及时进行透光伐,间伐强度宜大.

参考文献

- 1 上海植物生理学会编.1985.植物生理学实验手册.上海科学技术出版社,上海,100—104.
- 2 苏梦云等.1989.氮素水平对杉木硝酸还原酶活力的影响.林业科学研究,2(3):296—299.
- 3 陈锦强等.1984.高等植物绿叶中的氮代谢与光合作用的关系.植物生理学通讯,(1):1—8.
- 4 周 树等.1985.硝酸还原酶体内分析方法的探讨.植物生理学通讯,(1):47—49.