

半干旱地区八种杨树无性系间苗期 净光合速率变化的研究*

刘建伟 胡新生 刘雅荣 王世绩 Blake T. J.

摘要 辽宁省建平县半干旱地区不同来源的8种杨树无性系净光合速率(P_n)达到了显著和极显著的差异水平,无性系间的净光合速率可分为高中低三个类群,即:昭林杨6号、群众杨、赤峰杨34号、欧美杨47;小黑杨;小青杨、帝国杨51号、欧美杨64。具高光合速率的昭林杨6号,受光量作用大,但受湿度、空气蒸汽压影响小,适应于具有干热天气的半干旱地区;而低光合类群的三个无性系则不同,其中欧美杨64一直与光、湿度和蒸汽压的关系密切,均达显著水平;小青杨和帝国杨51号对湿度、蒸汽压有着密切的相关。

关键词 杨树、无性系、净光合速率、半干旱地区

光合作用是干物质生产的主要途径,与生长关系十分密切^[1~9]。特别是在逆境条件下,如半干旱地区的水分作为限制因子,光合作用的变化逐步受到重视,国内外对不同杨树无性系的气体交换特征,有学者进行了探讨^[10~13]。我国辽宁西部建平县半干旱地区营造杨树速生用材林已初具规模^[14],但对杨树无性系苗期光合作用的特征,以及光合作用与叶面积等控制生长诸因子的关系研究甚少,故立题研究,为杨树引种和选择提供科学依据。

1 试验材料和方法

试验材料为A:小黑杨(*Populus × xiaohei* T. S. Hwang, et Liang)、B:群众杨(*P. × xiaozhuanica* W. Y. Hsu et Liang cv. 'Popularis')、C:赤峰杨34号(*P. × xiaozhuanica* W. Y. Hsu et Liang cv. 'Chifengensis-34')、D:昭林杨6号(*P. × xiaozhuanica* W. Y. Hsu et Liang cv. 'Zhaolin-6')、E:欧美杨47(*P. × euramericana* (Dode) Guineir cv. 'Agethe F')、F:欧美杨64号(*P. × euramericana* (Dode) Guineir cv. 'N3016')、G:帝国杨51号: (*P. × deltoides* Bartr. cv. 'Imperial')、H:小青杨(*P. pseudo-simonii* Kitag.)。

试验地位于辽宁省建平县黑水林场苗圃。地理坐标为119°25' E, 42°05' N, 属低山丘陵。所处气候区属寒温带半干旱季风型大陆气候。干旱少雨多风,温差较大,生长期较短。年平均气温5.5℃,极端最高气温41.5℃,极端最低气温-31.4℃,年平均日照2963h,无霜期128d,年均降雨量380mm,蒸发量1950mm,试验地土壤属潮土,质地为沙壤-轻壤土。

8个无性系于1992年4月25日进行扦插,每个无性系为20株,株行距分别为1.5m×0.5m,两次重复。叶片净光合速率(P_n)以及环境因子用Li-cor 6200型便携式光合作用系统仪

1993-06-16 收稿。

刘建伟助理研究员,胡新生,刘雅荣,王世绩(中国林业科学研究院林业研究所 北京 100091);Blake T. J. (Faculty of Forestry, University of Toronto, Canada)。

* 本文为“中国东部暖温带和半干旱地区杨树丰产林”项目内容之一。得到FAO和UNDP的资助,以及建平林业局和黑水林场的大力支持,邢印华,张启和刘文等同志参加了外业调查工作,在此一并谢意。

测定,测定光合作用及环境指标^[12]。

光合作用每日在 9~15 时测定 3~5 次,每个无性系 5 株重复 10 次,7~9 月份每月调查 2 d。有关环境因子见表 1,其中环境指数^[15]依公式 $EI=Pn\times RH/C_{\text{CO}_2}$,其中 EI :环境指数, RH :相对湿度(%), C_{CO_2} :大气二氧化碳浓度(ppm)。

统计分析应用了显著性分析、多重比较、相关矩阵分析。

表 1 每日测定时光辐射通量等环境因子的变化 (辽宁建平,1992)

环境因子	测定日期(月一日)					
	07-01	07-03	08-12	08-15	09-24	09-26
光辐射通量 $QN(\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1})$	1 291.9	1 400.0	1 399.9	509.7	1 275.0	1 164.0
空气温度 $T(^{\circ}\text{C})$	27.8	35.0	30.9	22.9	20.2	23.2
大气 CO_2 浓度 $C_{\text{CO}_2}(\text{ppm})$	344.1	346.9	326.0	337.9	353.2	357.0
相对湿度 $RH(\%)$	36.8	32.7	46.2	54.6	31.8	16.7
蒸汽压 $EA(\text{mb})$	13.5	18.2	20.5	15.2	7.4	4.8
蒸汽压差 $VPD(\text{mb})$	188.5	334.6	429.3	235.3	57.3	28.3
环境指数 EI	1.8	1.6	2.0	1.8	1.5	0.3

2 结果分析

2.1 净光合速率(Pn)的方差分析

在 1992 年 7 月 1 日,平均日光辐射通量高达 $1\,291.9\,\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$,温度升至 $27.8\,^{\circ}\text{C}$ (表 1),表 2 表明各无性系间的 Pn 均达 0.05 显著水平,7 月 3 日,光辐射通量升至 $1\,400\,\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$,温度高达 $35.0\,^{\circ}\text{C}$,两者均接近平均最高值,相对湿度下降,代表半干旱地区初夏的典型天气,各无性系间的 Pn 显著差异水平提高到 0.01 水平,比 2 d 前受天气影响差异更大。8 月份出现少雨多云天气,据 8 月 12 日调查,辐射通量、温度和相对湿度均有所增加, Pn 值也随之提高,无性系间的差异水平同样也达到 0.01 极显著的水平。而在 15 日多云天气调查时,光辐射通量仅为 $509.7\,\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$,温度降至 $22.95\,^{\circ}\text{C}$,各无性系的 Pn 仅达 0.05 显著水平。9 月份多为晴天,光辐射通量仍很高。9 月 24 日的温、湿度都低(表 1),此时各环境因子对 Pn 的综合作用达到 0.01 的显著水平。9 月 26 日的天气条件有所转变,温度略有增加,光辐射通量、相对湿度、蒸汽压差等降低,且相对湿度是生长季节中的最低值,这样干燥

表 2 不同无性系净光合速率的方差分析 (辽宁建平,1992)

日期 (月一日)	自由度	方差	均方	F 值
07-01	7	508.36	72.62	2.92*
	112	2 790.02	24.91	
	119	3 298.39		
07-03	7	834.24	119.17	11.65**
	112	1 145.67	10.22	
	119	1 979.91		
08-12	7	182.09	26.01	4.03*
	152	981.26	6.45	
	159	1 163.36		
08-15	7	275.58	39.36	9.09**
	112	485.16	4.33	
	119	760.74		
09-24	7	364.76	52.10	5.72**
	112	1 020.41	9.11	
	119	1 385.18		
09-26	7	373.72	53.38	4.70**
	192	2 181.30	11.36	
	199	2 555.02		
全年	7	999.24	142.74	5.53**
	832	21 484.42	25.82	
	839	22 483.67		

* 为 0.05 显著水平, ** 为 0.01 显著水平。

空气使得各无性系的光合作用再次经受高温、高湿和高光照的反应, P_n 值达 0.01 极显著水平。综观整个 7~9 月份主要生长季节,不同来源的 8 个无性系在半干旱地区的光合作用,表现出显著和极显著的差异。综合全年的测定数据,各无性系间的 P_n 达 0.01 极显著水平,充分表达了光合作用的差异。

2.2 净光合速率的多重比较和与其它因子的相关分析

为比较无性系间的差异,经多重比较统计分析得知,不同日期不同季节 P_n 与环境因子光、温、湿、 CO_2 以及蒸汽压,和各自有关生理因子如气孔表现、蒸腾作用的相关性同样也存在显著变化。

据分析,7 月 1 日, P_n 由大至小的排序可分为 E,H,D,A,B;G,C;和 F 三组(表 3),前后两组达 0.05 显著水平;中间与其它不显著,并以 E 和 F 为最高和最低,分别为 $18.924\ \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、 $12.529\ \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 。在影响 P_n 的诸因子中,与光辐射通量的相关系数表现突出,F 无性系 P_n 最低,且未达到 0.05 的相关水平,受光通量的影响不大,其它无性系则表现为 0.05,甚至 0.01 的相关水平。在与空气温度、 C_{CO_2} 都表现为负相关,与空气蒸汽压为正相关,但三者相关都不显著。

7 月 3 日,无性系间的差异同样可分为 D,C,E,B,A;H,G;和 F 高中低三组,除 H 与前一组不显著外,其它组间均达 0.05 的显著差异水平,与 7 月 1 日相比, P_n 相关不大,此时固定 C_{CO_2} 最高最低值分别为 D($18.9\ \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)和 F($10.585\ \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)。D 无性系的净光合速率与光辐射通量、温度为负相关,在光通量上仅 C,E,F 和 G 达 0.05 以上的相关系数,在空气蒸汽压上,表现出 E,F,G,B 与其它四个品种的明显不同。

表 3 不同无性系净光合速率的多重比较 (辽宁建平,1992)

无性系	测定日期(月一日)						
	07-01	07-03	08-12	08-15	09-24	09-26	全年
A	18.051 a	18.033 a	14.075 ab	11.890 ab	15.696 bcd	6.246 c	13.264 ab
B	16.720 a	18.509 a	13.061 b	12.140 ab	18.783 a	10.393 a	14.413 a
C	15.113 ab	18.636 a	15.039 a	12.767 a	17.974 ab	9.244 ab	14.278 a
D	18.394 a	18.902 a	15.738 a	13.274 a	17.932 ab	8.288 bc	14.757 a
E	18.924 a	18.603 a	14.899 a	10.802 bc	18.674 a	6.912 c	14.055 a
F	12.529 b	10.585 c	15.181 a	10.598 bc	16.473 abc	7.191 bc	11.773 b
G	16.206 ab	15.583 b	13.169 b	9.855 d	14.854 cd	6.332 c	12.087 b
H	18.759 a	16.445 ab	12.711 b	8.385 d	13.783 d	7.356 c	12.369 b

注:品种间不同英文字母代表达到显著差异。

8 月 12 日, P_n 值均有所下降,波动幅度减小,无性系间光合速率的大小依次为 D,F,C,E;A;和 G,B,H 高中低三组,其中,高低两组达显著差异,而 A 无性系则与该两组无显著差异,位于中等。在与环境因子的相关上,C,G,B,H 均在不同程度上受多因子的影响大,而 D,E 和 A 则较小(表 4),这种趋势可能是导致 P_n 大小排序的原因。

到 8 月 15 日, P_n 继续下降,波幅比 12 日增大,且无性系间的净光合速率更趋多样化,按 P_n 大小仍可分为 D,C;B,A;E,F;G,H 四组,由表 3 得出,相邻两组的 P_n 均未达到显著水平,其中 G 与 E,F 组除外,而与其它组间达显著差异水平。D 无性系不仅在光和空气温度而且在 C_{CO_2} 、相对湿度、蒸汽压上相关小,其它与光辐射通量的相关达显著,并受温度、湿度和蒸汽压等的相关作用。

表 4 不同时期无性系间的 P_n 与其它环境及生理指标的相关 (辽宁建平, 1992)

时间	无性系	QN	T	C_{CO_2}	RH	EA	CI	C_s	Tr	WUE	VPD	EI
07—01	A	0.716b	-0.147	-0.392	0.215	0.164	0.617a	0.505	0.234	0.773c	0.159	0.806c
	B	0.619a	-0.332	-0.545	0.482	0.485	0.541a	0.697a	0.428	0.876c	0.498	0.915c
	C	0.815b	-0.106	-0.498	0.257	0.308	0.626b	0.497	0.545b	0.925c	0.326	0.868c
	D	0.755b	0.155	-0.444	0.229	0.416	0.543a	0.591a	0.764c	0.868c	0.438	0.848c
	E	0.844c	0.136	-0.853	0.191	0.357	0.567a	0.640b	0.824c	0.902c	0.403	0.811c
	F	0.252	-0.120	-0.190	0.352	0.505	0.418	0.554a	0.546a	0.603a	0.498	0.873c
	G	0.870c	0.147	-0.316	0.205	0.458	0.033	0.692b	0.603a	0.044	0.482	0.788c
	H	0.789c	-0.258	-0.413	0.479	0.525a	0.420	0.724b	0.174	0.878c	0.549	0.877c
07—03	A	0.450	-0.179	-0.049	0.090	-0.103	-0.181	0.371	0.345	0.545a	-0.112	0.674c
	B	0.436	-0.200	-0.104	0.436	0.613a	0.009	0.718c	0.687c	0.468	0.603a	0.889c
	C	0.638a	-0.015	-0.128	0.115	0.221	-0.188	0.383	0.554a	0.494	0.203	0.789c
	D	-0.106	-0.584a	-0.324	0.435	0.011	-0.102	0.465	-0.071	0.796b	0.001	0.803b
	E	0.564a	-0.270	0.270	0.436	0.664b	-0.059	0.706b	0.608a	0.835c	0.667c	0.882c
	F	0.574a	-0.040	-0.357	0.316	0.573a	-0.345	0.712a	0.746b	0.698a	0.570a	0.930c
	G	0.621b	-0.316	0.493	0.520a	0.604b	0.189	0.317	0.058	0.507	0.607a	0.817
	H	0.509	-0.152	0.154	0.254	0.376	-0.054	0.498	0.519a	0.489	0.400	0.754b
08—12	A	0.089	-0.159	0.642a	0.397	0.485a	0.434	0.705b	0.684b	0.288	0.484a	0.895c
	B	0.553a	-0.497a	0.319	0.635b	0.629b	0.314	0.669b	0.469a	0.660b	0.606b	0.889c
	C	0.565b	-0.658b	0.051	0.693c	0.644	0.221	0.723c	0.266	0.667c	0.640b	0.900c
	D	0.155	-0.290	0.164	0.373	0.350	0.142	0.584b	0.268	0.560c	0.346	0.859c
	E	-0.013	-0.342	-0.084	0.456a	0.350	0.107	0.627b	0.306	0.351	0.348	0.846c
	F	0.015	0.007	0.150	-0.066	-0.091	-0.107	0.216	0.467a	0.474a	-0.126	0.641c
	G	0.665c	-0.335	0.188	0.442a	0.287	-0.084	0.506a	0.125	0.710c	0.273	0.891c
	H	0.390	-0.495a	0.553a	0.655b	0.534b	0.495a	0.747c	0.365	0.704c	0.556b	0.924c
08—15	A	0.700b	0.517a	0.118	-0.303	0.377	-0.260	0.529a	0.591a	0.028	0.340	0.923
	B	0.603a	0.323	-0.042	-0.167	0.264	-0.738b	0.370	0.383	0.311	0.258	0.960
	C	0.729b	0.550a	0.173	-0.273	0.487	-0.481	0.533a	0.596a	0.204	0.505	0.953
	D	0.059	-0.085	0.240	0.241	0.238	-0.041	0.579a	0.385	0.481	0.247	0.902c
	E	0.878c	0.718b	0.112	-0.488	0.614b	-0.515b	0.100	0.730b	0.628b	0.607a	0.933c
	F	0.834c	0.773c	0.106c	-0.230	0.860c	-0.310	0.604a	0.683b	0.013	0.860c	0.938c
	G	0.891c	0.800c	-0.204	-0.797c	0.297	-0.946c	-0.047	0.602a	0.365	0.294	0.945c
	H	0.842c	0.792c	-0.224	-0.678b	0.628a	-0.705b	0.253	0.726b	0.171	0.604a	0.961c
09—24	A	-0.013	0.103	-0.039	0.395	0.499	0.140	0.823c	0.787c	0.008	0.462	0.861c
	B	0.565a	0.396	-0.065	-0.119	0.220	-0.504	0.578a	0.737b	0.105	0.219	0.608c
	C	-0.014	-0.045	-0.045	0.212	0.200	-0.184	0.782c	0.535a	0.272	0.199	0.773c
	D	0.464	0.140	-0.332	0.334	0.662b	-0.240	0.678b	0.399	0.086	0.659b	0.840c
	E	0.368	0.251	0.069	-0.116	0.068	-0.558a	0.450	0.571a	0.301	0.071	0.646b
	F	0.777c	0.761c	-0.541a	-0.370	0.085	-0.767c	0.311	0.646c	0.245	0.131	0.576a
	G	-0.004	0.171	-0.054	0.308	0.591a	-0.681c	0.764c	0.535a	0.686b	0.608a	0.861c
	H	0.790c	0.546a	0.193	-0.573a	-0.370	-0.441	0.445	0.662a	-0.004	-0.363	0.373
09—26	A	0.036	0.198	0.068	-0.124	-0.060	-0.462a	0.355	0.521b	0.189	-0.125	0.479b
	B	0.652c	0.166	0.068	-0.547c	-0.452a	-0.656c	0.394a	0.476a	0.275	-0.472a	0.628c
	C	0.648c	-0.171	-0.120	-0.344	-0.439a	-0.629c	0.659c	0.500b	0.408a	-0.500b	0.839c
	D	0.621c	-0.241	0.402a	-0.604c	-0.634c	-0.712c	0.549b	0.523b	0.639c	-0.668c	0.714c
	E	0.531b	-0.273	0.248	-0.698c	-0.688c	-0.644c	0.246	0.229	0.673c	-0.709c	0.781c
	F	0.317	-0.020	-0.792c	0.406a	0.448b	-0.311	0.904c	0.859c	0.153	0.443a	0.878c
	G	0.274	0.091	-0.384	-0.403a	-0.310	-0.909c	0.791c	0.693c	0.647c	-0.362	0.916c
	H	0.616c	-0.117	0.449a	-0.789c	-0.726c	-0.716c	-0.047	0.179	0.657c	-0.775c	0.789c

注: CI : 气腔内 CO_2 的浓度, C_s : 气孔导度, Tr : 植物蒸腾, WUE : 水分利用效率; a, b, c 分别为达到 0.05, 0.01 和 0.001 显著水平。

9月份两次测定结果表明,24日的 P_n 又比8月份的回升,随后在26日下降,这与9月份温度、湿度及光量子等天气条件有着密切关系。24日的 P_n 变化分别为B,E,C,D;F,A;G,H三组,高低两组无性系间达显著,F和A与其它无性系均不显著;H和F受光温的相关,而且两者还分别受湿度、蒸汽压和 C_{CO_2} 的作用,此时,E,F还对蒸汽压有着明显的相关。26日的 P_n 可分为B,C;D,H,F;E,G,A与24日有着强烈变化。D和H无性系与所有环境因子(除温度不显著相关外)有着强烈的相关,同时B和C则与光辐射通量、蒸汽压相关,F则受 C_{CO_2} 和相对湿度的作用。

从上述日分析再结合季节变化,各无性系间的 P_n 大小依次可分为D,B,C,E;A和H,G,F三个类群,其外部环境和内部生理因子有着密切关系。在随季节改变时, P_n 的变化特征为,D无性系的 P_n 最高,由7月的第三逐升为第一,与光辐射通量和温度以及其它生理指标成极相关,表明气孔等对 P_n 的作用大。直到8月份 P_n 仍保持此记录,但与光、温未达0.05水平的相关,因此要比7月时的作用减弱,9月份 P_n 略降至第三,24日与8月相似,26日又对光等因子的作用稍有增大,但生长季临近结束,对整个季节影响较弱,使得 P_n 在7、8、9生长季以很高的净光合速率出现。对B,C两无性系而言, P_n 基本表现为7、8月份都在由低增高,9月份分别保持第一和第三位;在与其它因子相关上,都与光量子显著,但9月24日不同,C为负相关,且对蒸汽压的关系弱,也可能是导致B和C的 P_n 差异的原因。而E无性系在7、8月份则与B和C无性系相反,仅在9月份回升后又下降,因而使之在8个无性系中位于第四,但仍属于高光合速率的一组。然而,A无性系位于中等,7、8、9三个主要生长季节,多处于中等,尽管开始稍有下降后又上升,至9月末降至最低。另外H,G二个无性系, P_n 变化相类似,生长季开始就下降,8月为最低,9月末虽少有回升,但仍处于很低水平。至于F无性系则与其它不同,7月份最低升至8月12日最高,然后逐步下降,仍保持较低的水平,该无性系一开始与光和蒸汽压的关系密切,到8月份高光时,不十分相关,而低光时则极相关,直到9月份仍与环境各因子保持较高的相关系数,分别对光、湿度和蒸汽压达显著水平,使得 P_n 表现为上述的变化。

3 讨论

(1)7~9月份生长季节内,在半干旱地区的栽培条件下,不同来源的8个无性系光合作用生理特征表现出了显著和极显著的差异水平,又经多重比较统计分析,无性系间的 P_n 随时间变化有一定的波动,充分说明了受此环境及无性系本身生理过程互作的结果。

(2)在无性系间,具高光合的昭林杨6号,受光量作用大,湿度、空气蒸汽压影响小;而低光合的欧美杨64和小青杨无性系则不同,一开始与光和蒸汽压的关系密切,到8月份高光时,不十分相关,低光照天气则极相关,直到9月份仍与环境各因子保持较高的相关系数,分别对光、湿度和蒸汽压达显著水平;小青杨始终对湿度、蒸汽压有着密切的相关,可能是干热天气成为突出的限制因子所致。根据试验初步认为光、热(温)、水(湿度和蒸汽压)等因子对 P_n 的反应差异及其稳定性,可作为无性系引种和选择的指标。

(3)在该实验地区选择无性系栽培时,为提高 P_n 能力,应选择昭林杨6号无性系;帝国杨51号和欧美杨64无性系则对湿度敏感,与其原产地有关,还需进一步研究。

参 考 文 献

- 1 Kramer P J, Kozlowski T (汪振儒主译). 木本植物生理学. 北京: 中国林业出版社, 1979. 241~247.
- 2 王沙生, 王世绩, 裴保华. 杨树栽培生理研究. 北京: 北京农业大学出版社, 1990.
- 3 王沙生, 高荣孚, 吴贯明. 植物生理学(第二版). 北京: 中国林业出版社, 1991. 131~141.
- 4 徐伟英主编. 杨树. 哈尔滨: 黑龙江人民出版社, 1988. 158~172.
- 5 Kozlowski T T, Kramer P J, Pallardy S G. Physiological ecology of woody plants. New York: Academic Press, 1991. 275~279.
- 6 高荣孚. 杨树光合作用研究进展. 北京林学院学报, 1981, (1): 56~63.
- 7 裴保华, 董仕先, 祝铁军. I-69 杨和毛白杨光合性能的研究. 林业科学, 1992, 28(4): 297~301.
- 8 刘雅荣, 刘奉觉, 王爽, 等. 四种杨树苗木的生长与光合作用特性的研究. 林业科学, 1983, 19(3): 269~276.
- 9 尹维伦. 不同种类杨树苗木的生长和光合性能的比较研究. 北京林学院学报, 1982, (4): 93~103.
- 10 南京林业大学杨树课题组. 黑杨派南方型无性系速生丰产技术论文集. 北京: 学术出版社, 1989.
- 11 Ceulemans R, Impens I, Steenackers V. Variation in photosynthetic, anatomic, and enzymatic leaf traits and correlations with growth in recently selected *Populus* hybrids. Can. J. For. Res., 1987, 17(4): 273~283.
- 12 刘建伟, 刘雅荣, 王世绩. 水分胁迫下不同杨树无性系苗期的光合作用. 林业科学研究, 1993, 6(1): 65~69.
- 13 Gebre G M, Kuhns M R. Seasonal and clonal variations in drought tolerance of *Populus deltoides*. Can. J. For. Res., 1991, (6)21: 910~916.
- 14 赵天锡, 陈章水, 杨志民. 我国北部寒冷半干旱地区杨树引种和选择. 林业科学, 1992, 28(4): 353~356.
- 15 Ball J T, Woodrow I E, Berry J A. A model predicting stomatal conductance and its contribution to the control of photosynthesis under different environmental conditions. In: Biggins J (ed.): Progress in photosynthesis Research. New York: Martinus Nijhoff Publishers, 1986. 4: 221~224.

Analysis of the Relationships of Net Photosynthesis Rates among Eight Poplar Clones in Semi-arid Area, Western Part of Liaoning Province

Liu Jianwei Hu Xinsheng Liu Yarong Wang Shiji Blake T. J.

Abstract Gas exchanges of eight poplar clones were compared during the growing season in 1992. Clonal and seasonal variations in leaf net photosynthetic rate (P_n), stomatal conductance, transpiration as well as the environmental factors (quantum, temperature, relative humidity etc.) were measured. There were significant difference (0.05 and 0.01 level) of P_n among clones from July to September, besides, through Duncan's multiple range test and correlation analysis, they were divided into three groups: the higher group of P_n was *Populus × xiaozhuanica* cv. 'Zhaolin-6', *P. × xiaozhuanica* cv. 'poplaris', *P. × xiaozhuanica* cv. 'Chifengensis-34', and *P. × euramericana* cv. 'Agethe F' (from 14.757 to 14.055 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); the middle one was *P. × xiaohei* (13.264 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), and the lower one was *P. × pseudo-simonii*, *P. × deltoides* cv. 'Imperial' and *P. × euramericana* cv. 'N3061' (from 12.369 to 11.773 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Among them, clones with the highest P_n , especially *P. × xiaozhuanica* 'Zhaolin-6' was highly effected by the light rather than the other environmental factors, therefore it was suitable for the cultivation in local areas. However, the others with the lowest P_n were limited by humidity, vapor pressure, and even light. Therefore, the variations of P_n among clones from different sites and its limited factors were identified in the semi-arid areas.

Key words poplar, clones, net photosynthesis rate, semi-arid areas

Liu Jianwei, Assistant Professor, Hu Xinsheng, Liu Yarong, Wang Shiji (The Research Institute of Forestry, CAF Beijing 100091); Blake T. J. (Faculty of Forestry, University of Toronto, Canada M5S3B3).