

十种草原植物光合速率与光照的关系

杜占池* 杨宗贵

(中国科学院植物研究所, 北京)

摘 要

光作为光合作用的能量来源, 对植物的光合生产有很大的影响。本文以十种草原植物为研究对象, 于1985—1986年在典型草原地带进行了草原植物的光—光合特性的研究。根据叶片净光合速率和光呼吸速率的高低, 可确定这十种草原植物都属C₃草本植物范围。由测定结果表明, 它们对光能的利用效率有所不同。当植物叶片在晴天最大光强(110千勒)时, 山葱和马蔺的总光合和净光合均无光饱和点; 均有光饱和点的是冰草、西伯利亚羽茅、大针茅、贝加尔针茅、无芒雀麦和日阴菅; 总光合无光饱和点, 净光合有光饱和点的是羊草和芨芨草。并可认为近光饱和点是植物的适宜光强。

自十九世纪后半叶, 人们开始对不同类型和种类的植物, 以及不同生境条件下植物光合作用与光的关系进行了大量研究(户塚 绩, 等1973; 宫地重远1981; Edwards和Walker, 1983; Larcher, 1980)。这对阐明植物光合的光生态学特性, 了解它们对光的利用效率, 剖析其在群落中所处的地位, 为选择优良牧草及建立合理的群落结构提供了理论依据。在我国用农作物作材料, 对草原植物的光—光合特性的研究有着重要意义。

一、材料与方法

研究地点位于内蒙古锡林郭勒草原, 中国科学院内蒙古草原生态系统定位站内(姜恕, 1985)。海拔高度约1200米, 该地生长季节晴天最高光强约110千勒。

实验材料共10种, 均为多年生单子叶草本植物, 其种名见表1。它们都移自当地天然植物群落, 盆栽, 供水状况良好, 生长健壮。

CO₂气体交换速率在实验室人工光源(碘钨灯)下用红外线气体分析仪(GXH-201型)和同化室联用法测定。其中, 叶片光合速率的测定, 使用开放气路, 气封叶室; 光呼吸速率采用零气法(即向叶室通入无CO₂的气体)测定。测定时, 均选用最适流量, 最适温度(26.0±0.4℃)。叶室内的空气相对湿度稳定在60%左右。测定光强的变动范围为0—110千勒。

测定时间在6月上旬到7月上旬。测定样品为营养枝上充分展开的壮龄叶片。测定前一天, 充足灌水, 以避免因土壤水分不同带来的差异。测定时, 叶片不离体, 各重复5次。

二、结果和分析

(一) 十种植物叶片净光合速率与光强的关系

*现在工作单位: 中国科学院自然资源综合考察委员会。
本文于1987年4月2日收到。

根据实测数据所拟合的公式表明,在达到最大净光合速率之前,其净光合速率与光强均为双曲线函数的关系。它们的相关系数极显著,都达到了0.1%的水平。由图1看出,十种植物的光合特性是有差异的。主要表现在净光合的光补偿点、半饱和点(Monsi, 1978)、近饱和点、饱和点和最大光合速率,以及光强系数(杜占池, 1987)几个方面。

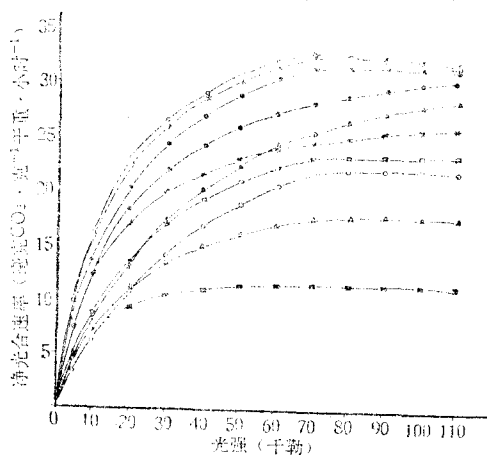


图1. 十种植物的光—净光合速率曲线
Fig.1 The light-net photosynthetic rate curve for ten species

• 羊草 ○ 冰草 × 西伯利亚羽茅
□ 无芒雀麦 * 芨芨草 ⊙ 大针茅
▲ 贝加尔针茅 ■ 日阴菅 ⊖ 马蔺 △ 山葱

(二) 十种植物叶片总光合速率与光强的关系

将每一光强下相应的净光合与光呼吸速率相加,即为总光合速率。它与光强的关系呈图2所示的曲线。为便于比较,现将10种植物总光合作用的光特性列入表2。

(三) 十种植物叶片净光合速率/光强与光强的关系

净光合与光强的比值可表示植物叶片对光的利用率。由表3可见,叶片净光合与光强比值均以低光强下为高,随着光强的上升而逐渐降低。十种植物比较,该比值以冰草、西伯利亚羽茅和羊草较高;在低光强下以大针茅最低;在高光强下以日阴菅最低。

表1 十种植物净光合作用的光特性

Table 1 The light—characteristics of net photosynthesis in ten species

种 类	补偿点 (千勒)	半饱和点 (千勒)	近饱和点 (千勒)	饱和点 (千勒)	最大净光合速率 (毫克(CO ₂)·克 ⁻¹ (干重)·小时 ⁻¹)	净光合的光强系数 (毫克(CO ₂)·克 ⁻¹ (干重)·小时 ⁻¹ ·千勒 ⁻¹)	
						5千勒时	60千勒时
羊草 <i>Aneurolepidium chinense</i>	0.6	12.4	56	70	31.5	1.32	0.12
冰草 <i>Agropyron cristatum</i>	0.5	10.5	54	70	33.0	1.50	0.11
西伯利亚羽茅 <i>Achnatherum sibiricum</i>	0.9	10.7	54	70	32.4	1.46	0.11
无芒雀麦 <i>Bromus inermis</i>	0.9	15.2	59	70	23.4	0.86	0.11
芨芨草 <i>Achnatherum splendens</i>	0.8	11.5	71	100	26.0	1.12	0.08
大针茅 <i>Stipa grandis</i>	0.6	20.4	63	70	22.1	0.63	0.15
贝加尔针茅 <i>Stipa baicalensis</i>	0.8	13.7	58	70	17.8	0.70	0.08
日阴菅 <i>Carex pediformis</i>	0.5	7.1	38	50	11.7	0.62	0
马蔺 <i>Iris lactea</i> var. <i>chinensis</i>	0.7	—	81	—	30.5	1.19	0.11
山葱 <i>Allium senescens</i>	1.0	—	90	—	28.8	0.83	0.15

表 2 十种植物总光合作用的光特性

Table 2 The light-characteristics of gross photosynthesis in ten species

种 类	饱和点 (千勒)	最大总光合速率 (毫克(CO ₂)·克 ⁻¹ (干重) ·小时 ⁻¹)	总光合的光强系数 (毫克(CO ₂)·克 ⁻¹ (干重)·小时 ⁻¹ 、千勒 ⁻¹)	
			5千勒时	60千勒时
羊草	—	45.9	1.65	0.17
冰草	80	45.8	1.85	0.18
西伯利亚羽茅	100	41.1	1.66	0.14
无芒雀麦	80	34.5	1.10	0.14
芨芨草	—	33.3	1.27	0.10
大针茅	80	28.2	0.74	0.16
贝加尔针茅	100	25.3	0.88	0.11
日阴菅	100	17.6	0.75	0.04
马蔺	—	35.9	1.31	0.14
山葱	—	38.4	0.98	0.15

表 3 十种植物净光合与光强的比值

Table 3 The ratio of net photosynthesis and light intensity in ten species

光强 (千勒)	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
种类												
羊草	1.66	1.38	1.02	0.82	0.68	0.58	0.51	0.45	0.39	0.35	0.31	0.29
冰草	2.00	1.60	1.15	0.89	0.73	0.62	0.53	0.47	0.41	0.36	0.32	0.29
西伯利亚羽茅	1.94	1.56	1.12	0.87	0.71	0.60	0.53	0.46	0.41	0.36	0.32	0.29
无芒雀麦	1.02	0.88	0.69	0.57	0.49	0.42	0.37	0.33	0.29	0.26	0.23	0.21
芨芨草	1.50	1.20	0.85	0.67	0.54	0.46	0.40	0.35	0.31	0.28	0.26	0.24
大针茅	0.70	0.64	0.54	0.47	0.42	0.38	0.35	0.32	0.28	0.25	0.22	0.20
贝加尔针茅	0.86	0.72	0.56	0.45	0.38	0.32	0.29	0.25	0.22	0.20	0.18	0.16
日阴菅	0.94	0.70	0.47	0.35	0.28	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11
马蔺	1.50	1.24	0.92	0.73	0.61	0.52	0.45	0.40	0.36	0.33	0.30	0.28
山葱	0.94	0.84	0.69	0.58	0.51	0.45	0.40	0.36	0.33	0.30	0.28	0.26

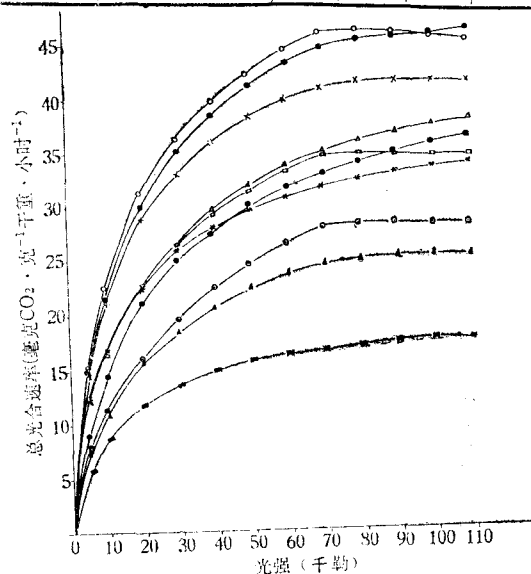


图 2 十种植物的光—总光合速率曲线 (图例同图 1)。
Fig.2 The light—gross photosynthetic rate curve for ten species

三、小结与讨论

(一) 关于C₃植物的光饱和问题

实验表明,十种植物的最大净光合速率在12—33毫克(CO₂)克⁻¹(干重)、小时⁻¹之间,最大光呼吸速率在5—15之间。因此,它们都属于C₃草本植物范围(石井龍一,1978; Ishii, et al., 1979; Larcher, 1980)。就光合速率与光的关系而言,通常认为C₃和C₄植物的最大区别在于:在自然条件下,C₃植物在最高光强的1/2—1/4即达饱和;而C₄植物没有光饱和点(石井龍一,1978)。但我们测定结果表明,山葱和马蔺在110千勒时尚未达到光饱和点。这说明,在C₃植物中,也有在自然最高光强下达不到光饱和的植物种。根据净光合和总光合作用的光饱和点,可将这十种植物分为三类:(1)山葱和马蔺属无光饱和点植物;(2)冰草、西伯利亚羽茅、大针茅、贝加尔针茅、无芒雀麦和日阴菅为有光饱和点植物;(3)总光合无光饱和点,净光合有光饱和点的植物有羊草和芨芨草。

(二) 关于净光合的近光饱和点

由于植物的光—净光合曲线呈双曲线函数,所以在强光下净光合速率随光强的增加量很小。因此,要准确测定光饱和点是困难的。其测值高低在某种程度上受CO₂分析仪器精度(主要是分辨率和稳定性)的影响。另一方面,在草原地区的生长季节里强光、高温和低湿会引起植物蒸腾加剧,叶片含水量降低,气孔开启度减小,导致光合速率下降(杜占池,1987)。因此,对于草原植物的光合生产来说,在适宜温度和湿度下测得的光饱和点往往不是它们的最佳光强。为此,我们建议把相对光合速率为95%时的光强,定为近光饱和点。其意义是:(1)当光强达到近饱和点时,光照即可基本满足这种植物的需要,而发挥其光合潜力。因此,可以认为近饱和点是植物进行光合作用的适宜光强。(2)近光饱和点与光饱和点相比,受仪器精度影响较小。因此不同仪器测出的数值比较稳定。

根据植物的半光饱和点、近光饱和点和光饱和点可把光合作用的光曲线分为三个阶段。在光强低于半饱和点时,光合速率增加很快,为迅速上升阶段;光强在半饱和点到近饱和点之间时,光合速率升高减慢,为缓慢上升阶段;当光强大于近饱和点之后,光合速率增加得很小,为基本饱和阶段。

(三) 十种植物光能利用效率比较

研究结果表明,10种植物对光能的利用效率有所不同。需要指出的有以下几点。

1. 羊草、冰草和西伯利亚羽茅对光的利用率较高。主要表现在:(1)它们的净光合速率较高,说明能同化较多的二氧化碳;(2)净光合与光强之比值较大,说明光能利用率较高。

2. 日阴菅在低光强下对光能的利用率较高。这从下面几点可以看出:(1)光补偿点和半饱和点较低;(2)净光合与光强的比值,5千勒为110千勒时的8.5倍,是10种植物中最高者;(3)净光合与总光合的最大比值出现于低光强下,说明此时它的光呼吸消耗量小。

3. 大针茅和山葱对弱光的利用效率相对较低,对强光的利用效率相对较高。这主要反映在:(1)它们净光合的光强系数,与其他8种植物比较,在强光下较高,在弱光下较

低。(2) 净光合与光强的比值, 5千勒为110千勒时的3.5倍左右, 是10种植物中最低的。

参 考 文 献

- 杜占池、杨宗贵, 1987, 羊草和大针茅光合生态特性的比较研究。草原生态系统研究 第二集 科学出版社。
 杜占池、杨宗贵, 1987, 土壤干旱条件下羊草和大针茅光合作用午间降低内因的初探。同上。
 姜恕, 1985 中国科学院内蒙古草原生态系统定位站的建立和研究工作概述。草原生态系统研究 第一集 科学出版社。
 户塚 肇, 木村 允 1973 植物の生産过程。共立出版株式会社 东京 P.1—61。
 石井龙一, 村田吉男 1978 C_3 , C_4 植物, 光合成。日作纪 47 (1): 165—188。
 宫地重远, 1981 光合成Ⅱ, 植物个体, 太阳エネルギー利用。朝仓书店 东京 P.48—57。
 Edwards, G. and D.A. Walker, 1983 C_3 , C_4 mechanisms and cellular and environmental regulation of photosynthesis. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, California, P.368—409。
 hii, R. et al., 1979 Effect of light on the CO_2 evolution of C_3 and C_4 plant in relation to the kok effect. *Japan Jour. Crop Sci.* 48(1): 52—57。
 Larcher, W. 1980 Physiological plant ecology, Springer Verlag Berlin Heidelberg New York, P.81—134。
 Monsi, M., T. Saeki, 1978 *Ecophysiology of photosynthetic productivity*. JIBP Synthesis V.19, University of Tokyo Press, Tokyo, P.46—53。

THE RELATIONSHIPS BETWEEN PHOTOSYNTHETIC RATE AND THE ILLUMINATION IN TEN PLANTS OF STEPPE

Du Zhanchi Yang Zonggui

(Institute of Botany, Academia Sinica, Beijing)

This paper deals with the relationship between the photosynthesis and the illumination in ten species. Main results were obtained as follows:

1. From the value of net photosynthetic rate and light respiratory rate it shows that ten species belong to C_3 herb.

2. According to light saturation point of net photosynthesis and gross photosynthesis in the leaf of plant under maximum light intensity of a clear day (110 KLx), ten species can be divided into three groups: (1) having no light saturation point in both gross photosynthesis and net photosynthesis: *Allium senescens* and *Iris lactea* var. *chinensis*; (2) having light saturation point: *Agropyron cristatum*, *Achnatherum sibiricum*, *Stipa grandis*, *S. bacialensis*, *Bromus inermis* and *A Carex pediformis*; and (3) having light saturation point in net photosynthesis but no light saturation point in gross photosynthesis: *Aneurolepidium chinense* and *Achnatherum splendens*.

3. It can be considered that light near saturation point is appropriate light intensity. When light intensity reaches near saturation point of the species, the light can just satisfy basically requirement of the plant, and it brings out photosynthetic latent potentialities.