

矮嵩草草甸植物净光合速率变化的研究*

张树源

(中国科学院西北高原生物研究所)

植物干重的90%以上都是由光合作用产生的有机物质组成的,提高植物的净光合速率就有可能进一步提高植物的生物学产量。因此,研究植物净光合速率的变化,不仅有助于我们及时了解和掌握净光合速率的变化规律、反应活力及其特有的生理功能,而且还可以提示我们根据净光合速率的变化情况,及时采取相应的改善措施,防止净光合速率下降,以保障进一步提高植物的生物学产量。本文对青海高原海北高寒矮嵩草(*Kobresia humilis* Meadow)草甸植物群体与美丽风毛菊(*Saussurea superba*)种群净光合速率的变化作了比较全面的分析研究。

一、材料和方法

研究地区和材料:实验样地设置在青海高原海北风匣口地区,实验材料为该地区的高寒矮嵩草草甸植物群体与美丽风毛菊种群。

净光合速率的测定

(1)矮嵩草草甸植物群体采用开放式气流通路重量法。整个装置为一开放式气流通路。即:大气→同化箱→干燥管→烧碱石棉 CO_2 吸收管→抽气泵→大气。是以大气通过对照同化箱和处理同化箱时,它们各自相连的烧碱石棉 CO_2 吸收管吸收大气中 CO_2 后的重量之差和测定期间的同化时间(预先平衡30分钟后,同化测定15分钟)、抽气的空气流速($6\text{升}\cdot\text{小时}^{-1}$)以及同化箱下,植物进行同化作用的面积($45\times 30\text{厘米}^2$)来计算高寒草甸植物群体的 CO_2 同化速率。整个测定是在田间自然条件下进行。

(2)矮嵩草草甸植物群体中,美丽风毛菊种群采用半叶法,即改良干重法(中国科学院上海植物生理研究所光合作用研究室,1972),测定单位时间内,单位叶面积上经过光、暗处理后,无产物外运情况下的干重增加。

(3)田间气象因素的测定:光照强度用照度计,温度是用温度计每小时各测定一次。

本文1986年3月27日收到。

* 本文曾于1986年11月20日在中国植物生理学会第四次全国会议上宣读。该文摘要于同年10月收入中国植物生理学会第四次全国会议论文摘要汇编。文中气象资料由孙德兴提供,白雪芳参加了部分测定工作,特此致谢。

(一) 矮嵩草草甸植物群体和美丽风毛菊种群的净光合速率日变化及其产生原因

从图1和图2来看,尽管前者是草甸植物群体,后者是草甸植物种群,两者的净光合

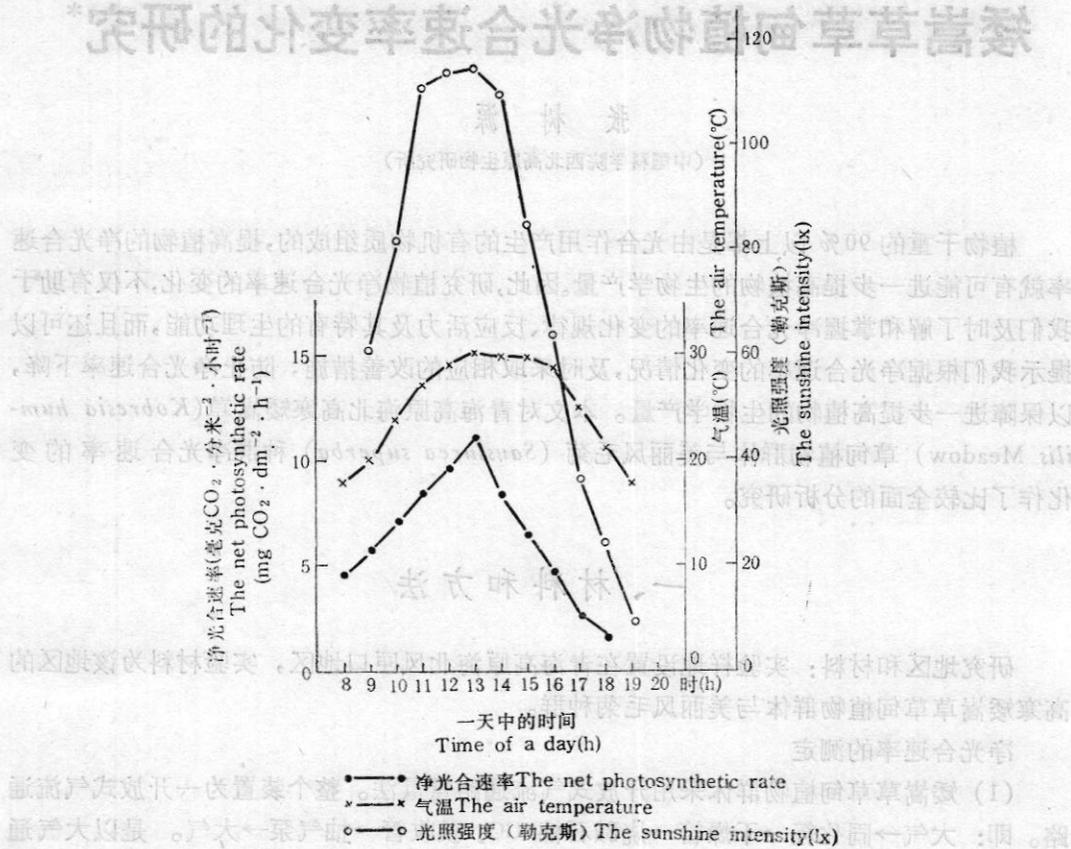


图1 矮嵩草草甸植物群体净光合速率的日变化

Fig. 1 The diurnal variation of the net photosynthetic rate of plant populations in a *Kobresia humilis* meadow (the method of open airflow weight)

速率日变化曲线,虽然在细节上有些差别,但大体上均为单峰曲线。从 8、9¹⁾ 点钟开始,净光合速率随着日照和气温的增高而逐渐上升,一直到 13 点左右,同时达到高峰。尔后净光合速率又随着日照和气温的减低而逐渐下降。并没有观察到象在上海、北京、太原等地(黄卓辉等, 1962; 余彦波等, 1985; 许大全等, 1984), 在大田自然条件下,那么明显的“中午降低”现象。究其原因,可能与田间自然条件有关。

1. 矮嵩草草甸植物群体生长季节,白天气候温凉,昼夜温差较大,最高月均温是 21.4°C (表 1)。一日内气温的变化,大体是上午逐渐上升,14 时后逐渐下降。10 时的气温为 20°C, 14 时的气温达 28.9°C (图 1、2)。按照沈允钢等 1978 年的光合温度曲线分

1) 文内均为北京时间。

表 1 矮蒿草草甸植物群落生长季节的气象条件

Table 1 The meteorological conditions of plant population of *Kobresia humilis* meadow in the growing season.

观测项目 Observe items	气温 (°C)		太阳辐射强度 (千焦·厘米 ⁻² ·月 ⁻¹) Solar radiation intensity (KJ·cm ⁻² ·month ⁻¹)	降水量(毫米)		积 温 (°C)					
	Air temperatures (°C)			Precipitation (mm)		Accumulated temperatures (°C)					
	月均温 (°C) Monthly mean air temperatures (°C)	月平均最高温度 (°C) Monthly mean maximum temperatures (°C)	每月平均降水量 (毫米) Monthly mean precipitation (mm)	一日最大降水量 (毫米) Daily maximum precipitation (mm)	≥0°C	≥5°C		≥10°C		≥5°C 的气温频率 (%) Frequency of air temperatures ≥5°C (%)	
月份 Month					活动的 Activity	有效的 Effective	活动的 Activity	有效的 Effective			
5 May	5.8	19.2	65.6	29.3	7.0					15.9	
6 June	7.7	21.4	57.3	98.1	21.7	231.0	207.9	129.0		20.5	
7 July	9.9	19.6	54.4	139.1	24.5	300.7	291.0	141.0	286.9	46.9	22.7
8 August	9.2	21.2	58.0	117.2	30.7	285.2	257.6	117.6			21.2
9 September	5.7	18.3	51.5	82.4	8.0	171.0					15.9

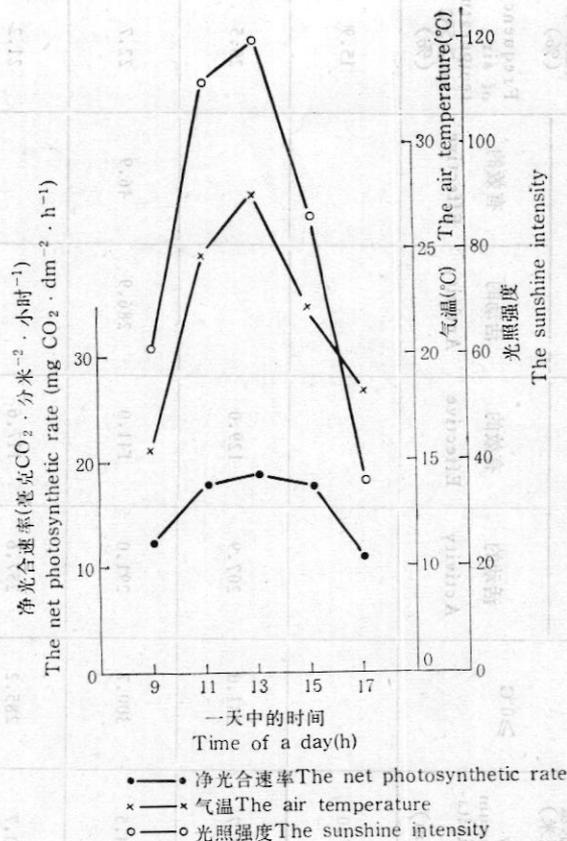


图2 美丽风毛菊 (*Saussurea superba*) 叶片的净光合速率日变化
 Fig. 2 Diurnal variation of the net photosynthetic rate of *Saussurea superba* leaves (an improved method of dry-weighing)

析,上海、北京等地 25°C 为光合最适温度,而青海高原植物的光合适温则在 28°C 或者再稍高一点。在上海、北京等地,如果气温超过 30°C 时,植物的呼吸作用就会显著上升,而其净光合速率由于呼吸作用上升大约下降 15—20%。因此,中午气温偏高很可能成为这些地区,植物净光合速率“中午降低”的原因之一。单就温度而言,在青海高原要促使高原植物可能出现净光合速率的“中午降低”现象。那么,中午的气温就有可能要高达 35°C 左右。事实上,在青海高原矮嵩草草甸植物生长季节,一日内的最高气温也只有 28.9°C。这正是植物净光合速率的最适温度。因而,矮嵩草草甸植物群体与美丽风毛菊种群的净光合速率只会随着光照和温度的增加而逐渐增强,而不会出现“中午降低”现象。何况青海高原植物的生产能力,除受气候温凉因素影响以外,还受其它因素的制约。如昼夜温差,白天在较高的气温和光照作用下,使植物净光合速率逐渐增强,干物质积累不断增加。到了夜间温度下降,呼吸减弱,消耗减少。白天光合产物的积累远远地超过了夜间的呼吸消耗(张树源等, 1982)。这就是高原植物的生产方式。

2. 矮嵩草草甸植物生长季节,太阳辐射较强,日照时间较长。5 月份辐射强度为 65.6 千焦耳·厘米⁻², 6—8 月也在 55—58 千焦耳·厘米⁻²左右(表 1),一日内光照强度上午

逐渐上升,下午逐渐下降。11时到14时光照强度差别不大(图1、2)。因此,这一段时间的光照强度不会影响净光合速率的正常进行。在青海高原,它不是导致高原植物净光合速率“中午降低”的直接因素。但它却是引起一日中温度和湿度变化的主要原因。

3. 矮嵩草草甸植物的生长发育和雨、热同期。雨量充沛,温度适中的时期,正是矮嵩草草甸植物生育繁茂的季节。海北地区全年降水量为537.8毫米,多集中在植物生长旺盛的6—9月内,尤其7—8月,占全年降水总量的45.8%。全年 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 的积温为1179.9 $^{\circ}\text{C}$,主要分布在植物枝繁叶茂的6—9月份; $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 的积温为1042.2 $^{\circ}\text{C}$,有效积温为392.1 $^{\circ}\text{C}$,主要在6—8月; $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温为286.9 $^{\circ}\text{C}$,有效积温为46.9 $^{\circ}\text{C}$,全年只有7月份的24天(表1)。由此可见,雨量和积温相对集中的6—9月,也正是矮嵩草草甸植物生长发育旺盛之时。在矮嵩草草甸植物生长季节,雨量、积温、气温、日照等生态因素相辅相成,相应地形成了一个光照比较充足,气候比较温润的生境。由于空气中相对湿度增加,引起了气温下降,这就导致了草甸植物叶片的水势增加,蒸汽压亏缺减小,气孔开张度增大,净光合速率升高(Zeiger, 1983)。因而矮嵩草草甸植物,在这种生境里就不可能出现净光合速率的“中午降低”现象。

4. 许大全等(1984)认为,空气中 CO_2 浓度的“中午降低”与植物光合作用的“中午降低”有些因果关系。实际上,在矮嵩草草甸植物生长季节,春季受强大的蒙古高原反气旋控制。又因地势较高,接近对流层中部,受高空西风急流的影响。夏季由于蒙古高原反气旋的减弱,气压梯度变小,风速虽较冬季为小,但平均仍在每秒20米左右,且为多风向。因此,大气中仅有的0.03%的 CO_2 ,在矮嵩草草甸植物中,由于空气流动而得到不断补充。所以说,中午 CO_2 浓度不会降低。净光合速率也不会出现“中午降低”现象。

(二) 矮嵩草草甸植物群体生长季节每月净光合速率日变化。

前面已经讨论了矮嵩草草甸植物群体及其种群美丽风毛菊个体,在气象条件最好,生长最快的7、8月份的净光合速率日变化。那么,矮嵩草草甸植物群体其它各月的日变化情况如何?这将从图3中清楚的看到,各月净光合速率日变化的总趋势是一致的。由于各月气象条件的不同,净光合速率的高低也各异,在5—9月的生长季节,其中8月最高,其次是7、6、5月居中,9月最低。如果能控制环境,改变条件,使净光合速率最低各月的气象条件都能接近或达到净光合速率最高月份的气象条件。那么,就有可能使最低各月的净光合速率接近或达到最高月份的净光合速率。

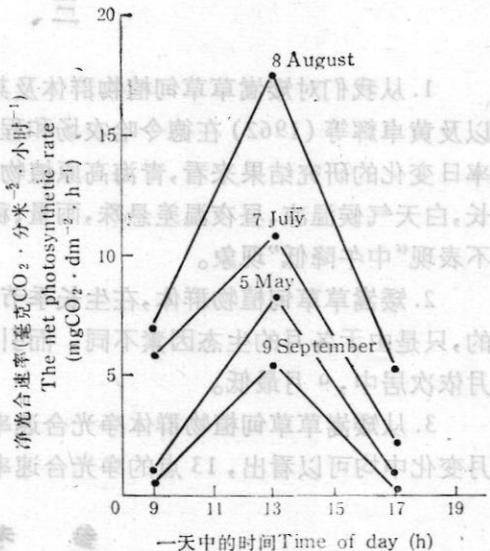


图3 矮嵩草草甸植物群体生长季节各月的净光合速率日变化

Fig. 3 Diurnal variation of the net photosynthetic rate of plant populations of *Kobresia humilis* meadow in each month of the growing season.

(三) 矮嵩草草甸植物群体每日 9、13、17 时净光合速率的月变化

由图 1、2、3 均可以看出,矮嵩草草甸植物群体每日 13 点的净光合速率最高,9 点居中,17 点的最低。图 4 进一步证明了每日 13 点净光合速率的月变化最高,17 点最低,9 点居中。这自然也 and 一日内气象条件的变化有关。

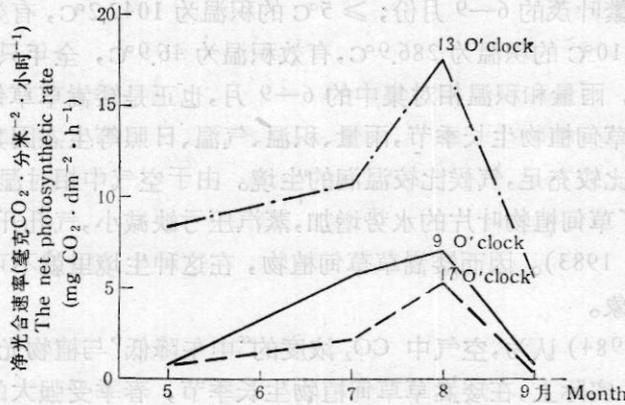


图 4 矮嵩草草甸植物群体生长季节每日 9、13、17 点钟的净光合速率月变化
Fig. 4 Monthly variation of the net photosynthetic rate of plant populations of *Kobresia humilis* meadow at 9, 13, and 17 o'clock in each day in the growing season

三、小 结

1. 从我们对矮嵩草草甸植物群体及其种群美丽风毛菊叶片净光合速率日变化的测定以及黄卓辉等 (1962) 在德令哈农场和程大志等 (1979) 在柴达木对春小麦叶片净光合速率日变化的研究结果来看,青海高原植物,在其特有的高原气候(如太阳辐射强,日照时间长,白天气候温凉,昼夜温差悬殊,雨量、积温和高原植物生育同期等)作用下,净光合速率不表现“中午降低”现象。

2. 矮嵩草草甸植物群体,在生长季节,不同月份的净光合速率日变化总的趋势是一致的,只是由于各月的生态因素不同,而引起净光合速率高低各异,其中 8 月最高,7、6、5 月依次居中,9 月最低。

3. 从矮嵩草草甸植物群体净光合速率的日变化以及每日 9、13、17 点的净光合速率月变化中均可以看出,13 点的净光合速率最高,9 点次之,17 点的最低。

参 考 文 献

- 上海植物生理研究所, 1972, 用改良半叶法测定光合强度, 科研成果汇编 (1966—1971), 165—166。
许大全、李德耀、沈允钢、梁国安, 1984, 田间小麦叶片光合作用“午睡”现象的研究, 植物生理学报, 10(3): 269—276。
沈允钢、王天铎, 1978, 光合作用——从机理到农业, 70—90, 上海科学技术出版社。
余彦波、刘桐华, 1985, 植物光效生态学研究 1. 小麦光合作用午休的原因, 生态学报, 6(4): 336—341。
张树源、马章英, 1982, 青藏高原夜间低温对几种牧草的生理学影响, 高寒草甸生态系统, 52—57, 甘肃人民出版社。

黄卓辉、余志新、王兆德, 1962, 小麦光合作用的初步研究。小麦丰产研究论文集, 166—172, 上海科学技术出版社。
程大志、鲍新奎、陈政, 1979, 柴达木盆地春小麦高额丰产形态生理指标的初步探讨, 中国农业科学, 2: 29—39。
Zeiger, E., 1983, The biology of stomatal guard cells. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 34: 441—475.

DIURNAL VARIATION OF NET PHOTOSYNTHETIC RATE IN INDIVIDUALS OF *SAUSSUREA SUPERBA* AND POPULATIONS IN A *KOBRESIA* *HUMILIS* MEADOW

Zhang Shuyuan

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica)

This work was carried out at Haibei Research Station of Alpine Meadow Ecosystem on Qinghai Plateau from 1983 to 1985. The diurnal variation of the net photosynthetic rate in individuals of *Saussurea superba* and populations in an alpine *Kobresia humilis* meadow was measured by two methods: 1. an improved method of dry-weighing, and 2. a method of open airflow weight. Both showed no "mid-day depression" in plants in the field on bright sunny days in the growing season. The main results were:

1. The net photosynthetic rate increased gradually from 7 A. M. (after sunrise), reaching a peak at about 1 P. M., then decreased gradually, showing only one peak. No mid-day depression of the net photosynthetic rate was observed.

2. The absence of the mid-day depression of the photosynthesis in *Saussurea superba* and populations in an alpine meadow is probably related to the specific environmental factors of Qinghai plateau, which include long periods of sunshine, strong solar radiation, both warm and cool diurnal temperatures, and wide air temperature fluctuations between day and night. Precipitation and higher temperature coincide with the growth of plateau plants and there is a continuing supply of atmospheric CO₂.

3. The diurnal variation of the monthly net photosynthetic rate of the plant populations was high in August, low in September, and was medium in July, June, and May.

4. The monthly variation of the diurnal 9, 13, and 17 o'clock net photosynthetic rate of the plant populations in *Kobresia humilis* meadow was highest at 13 o'clock, lowest at 17 o'clock, and was medium at 9 o'clock.