

利用红外线 CO₂分析仪测定矮嵩草草甸植物群落净光合速率的方法和装置*

师生波 贵桂英 韩发

(中国科学院西北高原生物研究所)

摘 要

本测试装置是在参照国内外有关研究资料的基础上,结合青藏高原矮嵩草草甸植物群落的生态型特点研制而成。本文就测试系统的设计原理、高寒草甸植物群落光合作用的测定方法和装置等问题进行了探讨。着重介绍了设计制作的群落光合作用同化箱,阐述了同化箱的设计原理和结构,并对高寒地区矮嵩草草甸植物群落进行了多次测定。实践证明该测试方法和装置适宜于高寒地区植物群落的光合作用测定。

关键词: 光合测定系统; 净光合速率; 同化箱; 矮嵩草草甸

矮嵩草 (*Kobresia humilis*) 草甸是一种广泛分布于青藏高原地区的优良牧草资源。由于高寒草甸植物群落结构简单、生长密集、植株低矮,给草甸植物群落光合作用气体代谢的测定带来了一定困难。我们在参照国内外有关研究资料的基础上,结合高原地区特殊的自然植被特点,研究制作了适宜于高寒草甸植物群落的光合作用气体代谢测定装置。并于1990—1992年在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站地区,对矮嵩草草甸进行了测试。现将测定方法和装置介绍如下。

测 试 原 理

应用 CO₂ 红外气体分析法测定植物光合作用气体代谢主要采用密封方式。即将植物叶片或叶片的某一部分、植株或单位土地面积上的植物用透明同化室密封起来,通过测定流经同化室内气体 CO₂ 浓度的变化,来计算被密封植物的净光合速率。光合测定系统包括三部分:①放置植物材料的同化室;②输送空气至同化室的鼓气机和管道;③红外 CO₂ 分析仪。光合测定系统的联接方式有封闭式,开放式、补偿式(半开放和半封闭)三种

* 中国科学院择优支持和中国科学院海北高寒草甸生态系统开放定位站基金资助项目。

(Field, 等, 1989; 伊藤浩司, 1971)。

研究自然状态下植物的净光合速率时, 同化室内植物应尽可能处于与自然环境完全相同的条件。参照 Long 等 (1986) 和 Coombs (1982) 的方法设计同化箱, 使其能最小程度地影响植物的微环境; 或监测外界环境条件的变化, 然后控制同化箱内条件, 尽可能跟踪外界条件。

人为控制条件下对植物净光合速率的测定, 必须依据不同的实验目的控制同化箱内的环境条件, 使所有会强烈影响净光合速率的环境因子 (光、温度、湿度和 CO_2 浓度) 得到控制。

根据矮嵩草草甸植物群落的特点, 及各测定方式的难易程度, 本装置采用了开放式气路。并研制了适宜的同化箱 (一般情况下将测定植物群体和群落的大型同化室称为同化箱, 或人工气候室)。 CO_2 浓度采用 QGD-07 型 (北京分析仪器厂) 红外 CO_2 气体分析仪分析。

植物群落净光合速率的测定方法和装置

群落净光合速率测试时, 同化箱内环境条件的控制, 采取改进同化箱的结构和测试方法, 比人为调节同化箱内的环境条件要简单方便得多, 而且也是一种行之有效的方法 (刘斌等, 1990)。为提高同化箱内的边界层导度及加快测试速度, 同化箱设计为高低可调的圆柱形, 测定时用透明塑料薄膜套封。同时采用多点进气、多点采气的方法, 以保证同化箱内气体的均一, 具体设计和使用方法如下。

同化箱由两部分组成: 支持聚氯乙烯塑料薄膜 (透光率大于 95%) 的圆形钢丝框架, 和固定于地面起密封作用的铁皮圈, 如图 1。同化箱底面积为 $1/8 \text{ m}^2$, 高度依植物生长状况和不同类型草场的测定需要可调。测定前将铁皮圈 (高约 15 厘米) 半插入土壤中, 露出地面约 5—7 厘米。将钢丝框架沿铁皮圈内壁插入土壤中, 并保持框顶部离冠层顶部约 15 厘米的距离。测定时罩以塑料薄膜, 并用乳胶管套封, 进气和出气采用硬透明塑料管制成的具孔圆圈, 孔距 4 厘米, 分别固定于同化箱中部 (采气管) 和底部 (进气管) 的铁皮圈内。同化箱内安置一温度探头 (WNY-150) 和一太阳辐射探头 (Li-188B), 以观测测定过程中湿度和太阳辐射强度的变化。测定过程中的空气湿度变化以一小型温、湿度表测定。

进入同化箱的气体由无油空气压缩机 (WM-1 型) 从群落上方 2 米处高空抽取, 出气采用电磁薄膜泵在同化箱中部用采气管多点采气。经实验: 进气量以同化箱内每分钟换气两次为宜, 出气量为 1.8 升/分钟, 此时既能保证同化箱内群落的光合效率, 又能满足气封的目的。净光合速率的测定采用快速加罩, 用塑料气球 (容积约 5 升) 快速取气的方法。采气在 3—4 分钟内完成, 然后带回实验室进行 CO_2 红外气体分析。

根据矮嵩草草甸植物群落层次结构单一, 生长密集, 植株低矮, 建群种矮嵩草株高仅 5—10 厘米的特点。同化箱采用了插入土壤中的铁皮圈做密封, 既提高了同化箱的密封性, 又减少了安置同化箱时对群落结构的破坏。实验证明: 同化箱在快速测定和密封性方面效果极佳, 适宜于高寒草甸和一切低矮作物群体的光合测定。

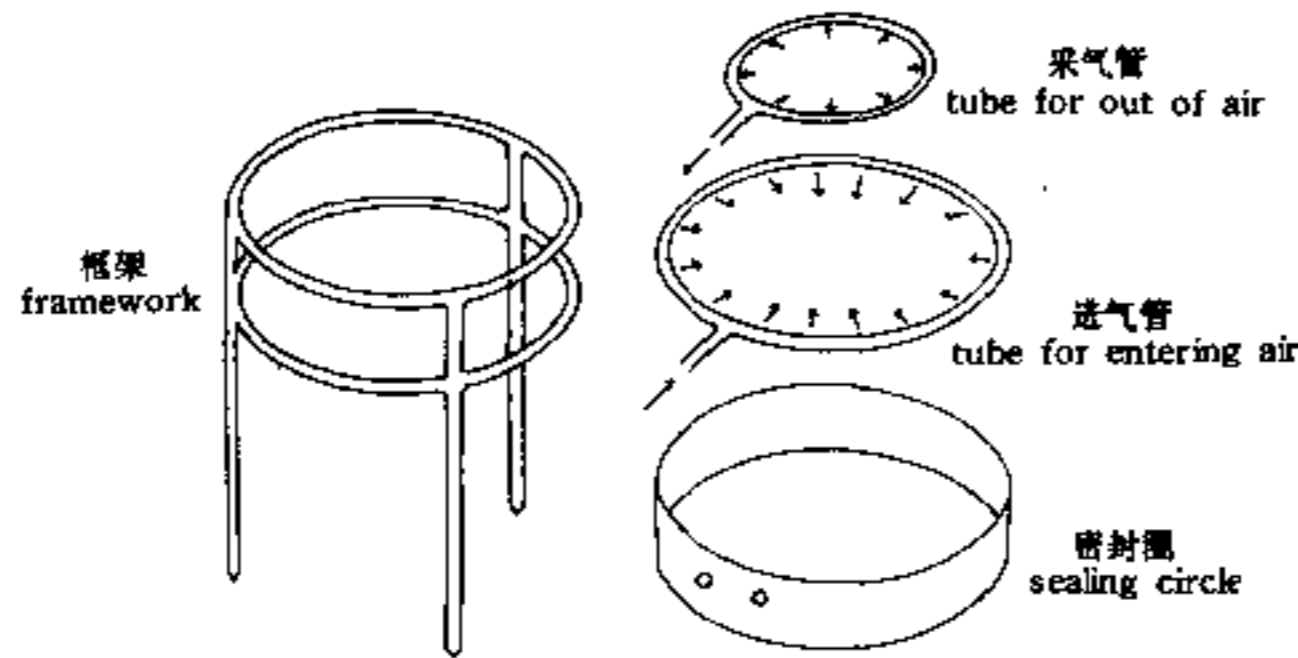


图 1 大型同化室结构示意图

Fig. 1 The diagram of large chamber for field photosynthesis measurement

测定结果

1991年7月份,在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站地区半封育草场(绿色面积系数为2.50)的,测定结果表明:该地区矮嵩草草甸的群落净光合作用在早晨日出(8:00点;北京夏令时)后不久很快即有表现,且在10:00点至12:00点净光合速率达到日变化的最大值,如图2。此时同化箱内光合有效辐射为700—1000微摩尔·米⁻²·秒⁻¹。12:00点以后,随叶温和冠层温度的升高,净光合速率有所下降,在16:00点至18:00点略有上升。全晴天,群落净光合速率一直到日落前半小时仍有表现。群落光合作用的日变化表现轻微“午休”现象。光合作用的光补偿点,一般为80—120微摩尔·米⁻²·秒⁻¹。

矮嵩草草甸植物群落暗呼吸速率较低,日变化并不明显,日间变幅为1—3毫克CO₂/(平方分米·小时)。光合作用气体代谢过程中,环境因子随太阳辐射强度的变化而呈规律性变化。同化箱内温度基本与太阳辐射强度表现同步单峰曲线。大气中CO₂浓度在早晨日出后下降很快,以后趋于平衡,受风的影响而波动。

同化箱内外环境因子的变化(图3)基本符合盛修武等(1985)在研究内蒙古锡林浩特白音锡勒地区羊草、小禾草群落时提出的指标。测试过程中,同化箱内温度不超过外界温度2℃,中午最热时偶有超过。同化箱聚氯乙烯薄膜的透光率不低于88%。同化箱内相对湿度在高原强辐射条件下较难控制,在测定过程中上升很快,内外相对湿度前值有时达20%,超过同化箱设计指标。须在实验中加以改进。

讨 论

同化箱的大小、形状和组成材料,是设计制作时首先应考虑的问题。合理的形状,相

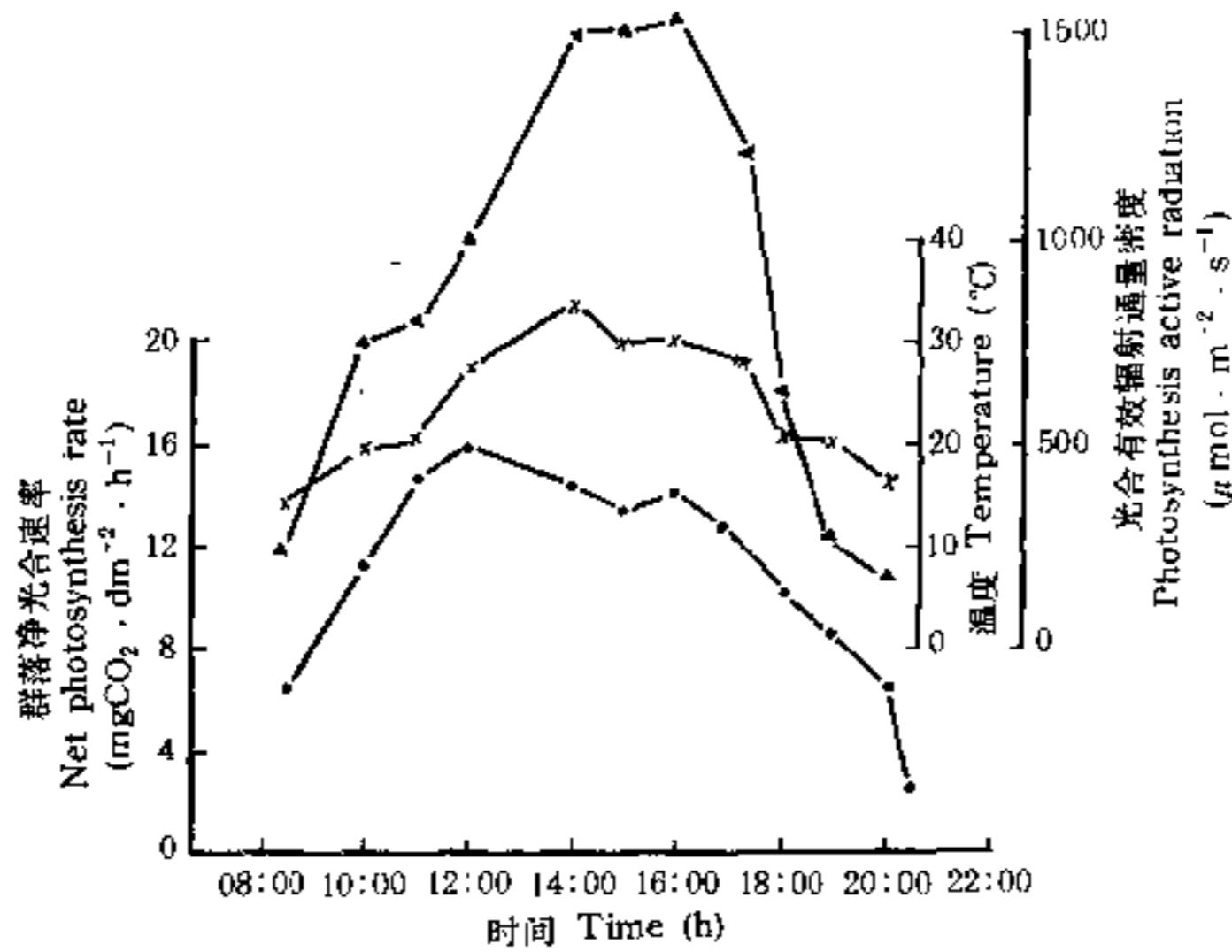


图2 矮嵩草草甸群落净光合速率 (Pn) 日进程及同化室内温度 (Tc) 和光合有效辐射 (PAR) 的关系 (1991年7月29日)

Fig. 2 The relationship among net photosynthesis course (Pn), temperature in chamber (Tc) and photosynthetic active radiation (PAR) in the *Kobresia humilis* meadow (29, July, 1991)

PAR▲-----▲ Tc×-----× Pn-----

宜的大小对提高同化箱内的边界层导度, 保证气体的均衡有积极地影响 (Long 等, 1986)。同化箱及管道系统的材料构成, 在研究工作中也应予以重视 (盛修武等1985)。这主要是考虑到不同材料对太阳辐射的吸收, 透射和反射的差异而引起的不同程度的热效应。同时由于不同材料对 CO₂ 气体的吸附性能存在着差异, 会在红外气体分析时引起不同的积累效果。

为适应不同群落及不同生育时期的测定需要, 同化箱需设计成不同大小, 或大小可调的形式。盛修武等 (1985), 韩祺等 (1981) 和祖元刚等 (1987) 在研究自然生长的植物群落和作物群体时, 均采用角钢或角铝、铝棒等制成了可拆卸的同化箱, 以适应野外自然条件下测试的需要。本文介绍的同化箱由两部分组成, 不仅密封程度高, 而且调节框架的插入深度即可适用于不同群落和不同生长时间的测试需要, 在野外实际工作中取得了很好的效果。

野外研究中, 采用空调系统对调节同化箱内的环境因子是极为有效的 (伊藤浩司, 1971; 祖元刚等, 1987)。但在缺乏适宜运输工具及电源的野外环境, 采用空调系统常会给测定带来很多不利。为了能既快速又方便地进行测试, 本装置采用快速加罩, 快速气球取气的方法, 其效果不亚于采用空调系统的方法。

开放式气路结构简单, 易于操作, 但进入同化箱的气流大小对植物群落的净光合速率有显著的影响, 必须参照盛修武等 (1985) 和杨宗贵等 (1981) 提出的方法进行最适流量的确定。

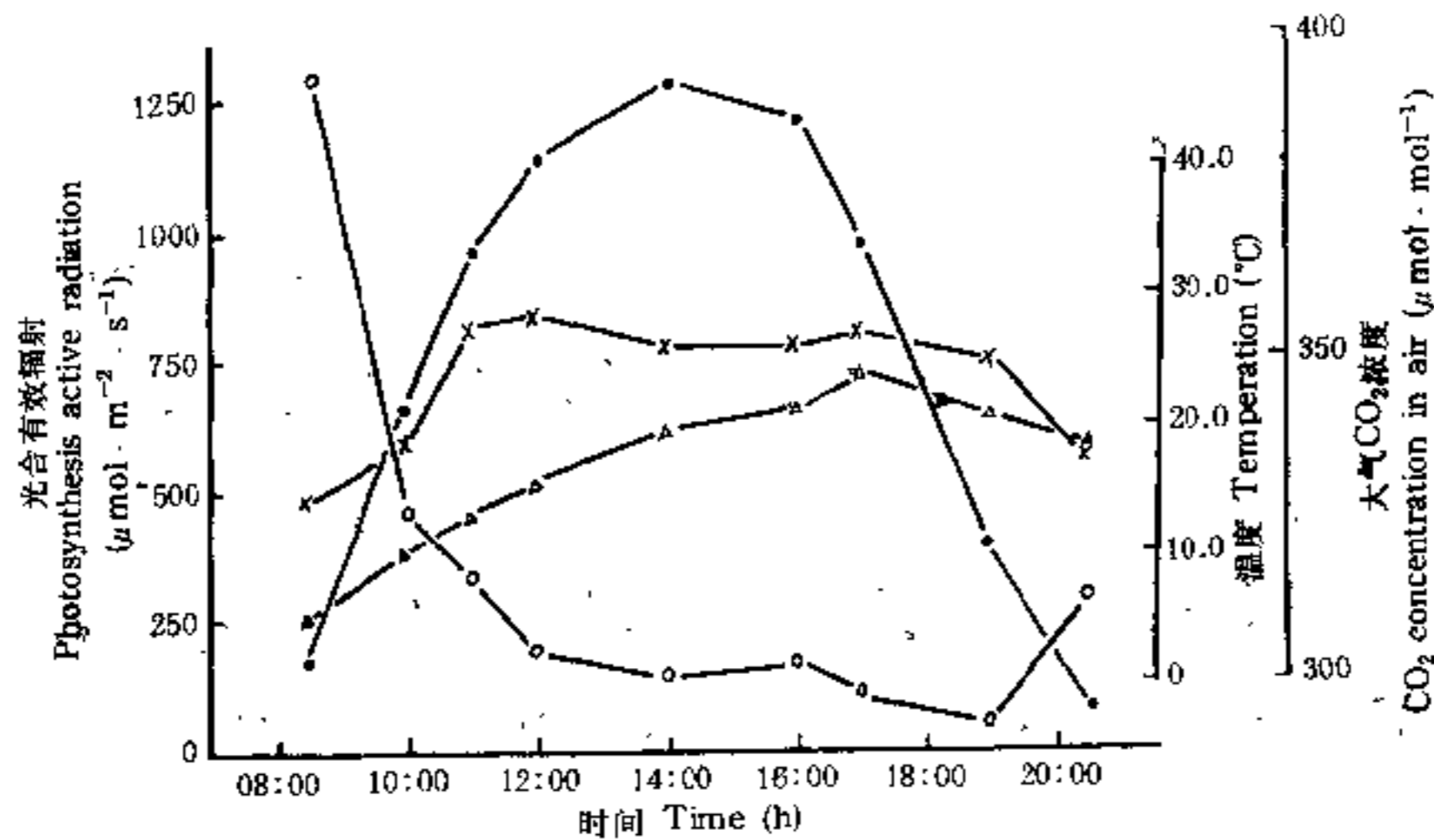


图3 植物群落光合作用测定过程中同化箱内外环境因子的变化 (1991年8月22日)

Fig. 3 Change of environment factors in the chamber during photosynthesis measurement (22, August, 1991)

同化箱内部的光合有效辐射: ●——● 同化箱内温度 (Tc) ×——×
 PAR in chamber Temperature in chamber
 大气二氧化碳浓度: ○——○ 气象站百叶箱内温度 (Ta) △——△
 CO₂ concentration in air Temperature of weather station

野外自然条件下测定植物的光合作用,环境条件的严格控制往往有一定困难。若要提高测试的精确度,就不得不增加测定装置的复杂性和研究费用,在实验条件不完全具备的情况下,应从实际情况出发,力求测试系统的方便,测定过程的快速、准确。

参 考 文 献

- 刘 斌、陈冠华、冯红鹰、屠曾平, 1990, 一种简单快速的植物群体光合作用测定方法。中国植物生理学会第五次全国会议论文摘要汇编, 中国植物生理学会, 102。
- 杨宗贵、杜占池, 1981, 测定植物单叶光合速率时叶室适宜空气流量的初步研究。草原生态系统研究, 第1集, 84—88。科学出版社。
- 祖元刚、常 杰, 1987, 野外条件下测定群体光合、暗呼吸和蒸腾作用的装置和方法。植物生态学与地植物学学报, 11 (4): 318—322。
- 盛修武、戚秋慧、夏文德, 1985, 大型同化箱群落光合测定装置的设计与测试报告。草原生态系统研究, 第1集, 93—101, 科学出版社。
- 韩 祺、邱国雄, 1981, 田间植物群体 CO₂同化速率测定装置。植物生理学通讯 (3): 51—55。
- 伊藤浩司 (薛德榕译), 1971, 作物的光合作用与物质生产, 172—176。科学出版社。
- Long S P, Hallgren J E, (许大全译), 1986, 植物 CO₂同化的田间和实验室测定法。生物生产力和光合作用测定技术, 63—95, 科学出版社。
- Coombs J, 1982, Measurement of photosynthetic gas exchange. Techniques in bioproductivity and photosynthesis, 25—32。
- Field C B, Ball J T., Berry J A., 1989, Photosynthesis: principle and field techniques. In: Plant physiological ecology (Edited by R. W. Pearcy, J. R. Ehleringer, H. A. Mooney and P. W. Rundel), London, New York. 209—254。

THE METHOD AND INSTRUMENT OF DETERMINED THE NET PHOTOSY- NTHETIC RATE OF *KORESIA HUMILIS* MEADOW PLANT COMMUNITY BY USING INFRARED RAY GAS ANALYSIS METER

Shi Shengho Ben Guiying Han Fa

(Northwest Plateau Institute of Biology, The Chinese Academy of Sciences)

Abstract

The determined instrument, which were reference some reserach informations of domestic and abroad, combined the characteristic of ecology type of the *Kobresia humilis* meadow plant community in Qinghai-Xizang plateau had been made. Its design principle, test method and installation of the photosynthesis system were discussed in detail. Especially introduced the assimilation chamber adapted for alpine meadow photosynthesis measurment, explained the scheme and construction of the chamber. This systematic has been used in the plant community of *K. humilis* in the alpine region for many times. All results prove that it adapted for alpine field research of plant community photosynthesis.

Key words: Photosynthesis determined system; Net photosynthetic rate; Assimilation chamber; *Kobresia humilis* meadow