

芦苇(*Phragmites communis* Trin.)生物 生产力及其对大气 CO₂ 加浓的响应*

王祝华 沈允钢 邱国雄 李德耀

(中国科学院上海植物生理研究所, 上海, 200032)

桑华园

(上海市朝阳农场, 上海, 201326)

5564.201

A 摘要 本文对上海浦东东海海滩上(31°1'N)芦苇植被自堤至海水边各地段的生物生产力、生长特性及土壤状况作了测定。其平均生物生产力为 $2.074 \pm 0.554 \text{ kg m}^{-2} \text{ a}^{-1}$, 其中地上部和地下部生物量分别为 1.433 ± 0.382 和 $0.641 \pm 0.566 \text{ kg m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ 。

观察了自芦苇出土起, 大气 CO₂ 浓度加倍对芦苇生长的影响。结果表明, 处理 44d 后植株叶面积和叶重相应提高, 生物生产力比对照增加 53.7%, 其光合产物主要分配在地上部分。试验结束时, CO₂ 加浓处理的叶片叶绿素含量和在正常空气中的光合速率与对照相似。

关键词: 芦苇, 生物生产力, CO₂ 加浓。

二氧化碳;

自然植物的生物生产力由该地区的气候、土壤、生物等因素决定。它反映了一定环境中植物资源的再生能力, 同时又是了解地球上能流和物质循环的重要资料。另外, 由于人类大量使用矿物燃料, 大气中 CO₂ 浓度正在不断提高, 它会产生温室效应, 使地球环境变化, 人们对此极为关心。它对植物的生物生产力和光合机构的运转与调节有何影响是这一问题的一个重要方面。

本文研究了上海浦东东海海滩上芦苇植被的生物生产力, 并初步观察了大气 CO₂ 浓度加倍对其生长的影响。

1 材料和方法

材料与取样 以上海市朝阳农场东面(31°1'N)东海海滩上的芦苇植被为材料。它最初由人工种植少量的芦苇地下茎, 历经 10 年之久的自然蔓延而成。现自堤至水边植被宽度达 700m 左右, 其间无其它植物。于 3 月份芦苇尚未出土时在近堤处和自堤向水边每隔 100m (最后两个取样点之间相隔为 50m) 挖取 1m² 芦苇地下部, 测定其干重; 12 月份收割期按同样的距离和面积取它的地上部和地下部再测干重。另外, 自 4 月起对堤上刚出土的芦苇进行 CO₂ 加浓试验。植株干重取样: 试验开始时为 0.5m², 结束时为 3.1416m², 试验中间则随机取样 10 株。

CO₂ 加浓方法 用 2 个高 2m、直径 2m 的塑料薄膜圆筒围住刚出土的芦苇, 顶端开放与大气相通, 近地面的 4 个象限中心各置一个转动着的微型风扇。2 个圆筒相距 3m。一个经常增添 CO₂ 作为处理, 另一个不增添 CO₂ 用作对照。在处理筒内, 由细塑料管通入来自钢瓶的

* 本工作得到联合国环境规划署项目和国家自然科学基金资助。

收稿日期 1993 03 19, 修改稿收到日期: 1993 06 18。

CO₂,在其风扇口和周围大气迅速混合。在2个圆筒内高度0.5、1.0、1.5m处各置气体取样管4根,经常抽取筒内气体并经混合后分析CO₂含量。通过调节钢瓶CO₂供气量使处理圆筒中CO₂浓度高于对照圆筒中的一倍左右。增添CO₂时间是每天从6:00到18:00。从试验开始到试验结束共44d。

经测定,这样装置的2个圆筒内温度基本相同;圆筒内外温差不到1℃。因此采用这样的装置所得的实验结果是由于CO₂加浓所致。

测定方法 CO₂浓度、叶片光合速率用英国ADC便携式CO₂分析系统测定。叶绿素含量用80%丙酮于黑暗中从叶片样品中提取并用DE550SE分光光度计于波长652nm处测定。叶面积用同等面积纸重和单位面积纸重的比例换算。干重由80℃烘至恒重后测定。土壤容重测定用环刀法,土壤含盐量测定用重量法^[1]。

2 结果和讨论

2.1 芦苇植被的生物生产力

该海滩上近堤生长的芦苇已达10a之久,最远端的芦苇则为近年新生。根据实测,除离堤650m地段平均株高为1.76m外,其余各地段均在3m以上。离堤400m处最高,达4.1m。其趋势为自堤至400m处逐步上升,自400m处至650m处又依次逐步下降(图1)。年生物生产力各地段表现也有差异:总生物量以离堤600m处最高,离堤650m处最低。地上部净增量则以离堤400m处为最高,但它的地下部净增量最低。同时可见,离堤200m至400m地段地上部增加比例较大,而地下部增重很少(图1)。造成这些差异的原因可能与各地段芦苇的生长年龄、土壤状况及每天受潮水浸没的情况等不同有关。作者曾测定过各取样点离地面5—10cm的土壤状况,其含水量、土壤容重、土壤含盐量彼此不完全一样(表1)。

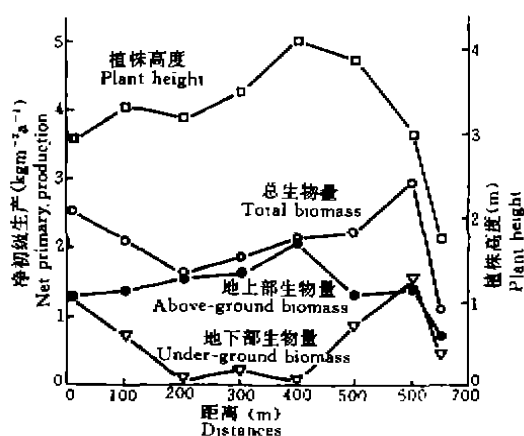


图1 海滩上距堤不同距离芦苇净初级生产和植株高度
Fig. 1 Net primary production and plant height of reed grown on beach at different distances from the levee

表1 研究地点海滩土壤状况

Table 1 Soil conditions of the beach at the study site

	距堤距离 Distance from the levee (m)							
	5	100	200	300	400	500	600	650
含水量(%) Water content	21.4	29.6	27.8	36.0	32.5	37.9	27.3	31.4
容重(g/cm³) Apparent specific gravity	1.76	1.46	1.43	1.15	1.22	1.18	1.58	1.25
含盐量(%) Salt content	0.32	0.41	0.37	0.33	0.34	0.26	0.18	0.24

根据自堤至水边 8 个点的测定,计算出芦苇植被平均年生物生产力为 $2.074 \pm 0.554 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{a}$,其中地上部和地下部生物量分别为 1.433 ± 0.382 和 $0.641 \pm 0.566 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{a}$ 。这个数值略高于作者 1986 年在浙江富阳[31°01'N]测得的毛竹林年生物生产力 $1.756 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{a}$ ^[5]。芦苇和毛竹物种、大小、适生生境均不同,但都在差不多的纬度及气候条件下生长,其生物生产力相仿。这结果有助于估测附近广大地区植被资源的生产力及地球上能流和物质循环等情况与趋势。

2.2 CO₂ 加浓对芦苇生物生产力的影响

从实测记录(图 2)看,通过 CO₂ 添加装置的人工调控,CO₂ 处理圆筒中 CO₂ 浓度比对照圆筒中提高一倍左右,但波动较大。这是由于海边常有大风,使圆筒内空气交换太快,添加 CO₂ 速度跟不上所致。

处理 27d 后,对 CO₂ 加浓处理和对照的地上部通过随机取样作了测定。结果表明:经 CO₂ 加浓处理,地上部重量已超过对照,重量的提高完全是由于叶重增加所致,其表现为叶面积增大和比叶重提高,其中上部第一叶尤为显著(表 2)。

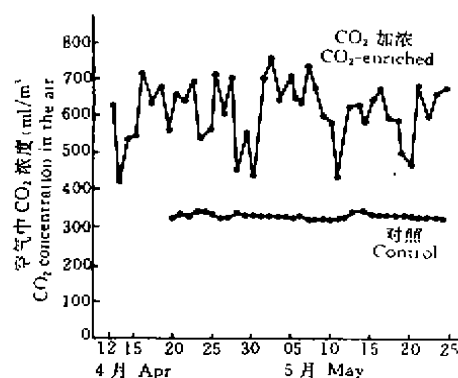


图 2 对照和 CO₂ 加浓的圆筒中 CO₂ 日平均浓度
Fig. 2 Carbon dioxide concentration of daily mean in the air of control and enriched chambers

表 2 处理 27d 后芦苇性状

Table 2 Characteristics of reed after 27 days of treatment

	株高 Height (cm)	茎重 Stalk wt (g/plant)	叶重 Leaf wt (g/plant)	叶面积 Leaf area(cm ²)		比叶重 Specific leaf wt. (mg/cm ²)	
				上部第一叶 Top leaf	上部第二叶 Second leaf	上部第一叶 Top leaf	上部第二叶 Second leaf
对照 Control	108	2.83	1.38	76.6	59.1	4.8	5.3
CO ₂ 加浓 CO ₂ -enriched	109	2.82	1.52	79.1	59.8	5.8	6.1

试验结束时,经 44d CO₂ 加浓处理的植株不仅叶面积和叶重仍较对照大,而且茎重和地下部重也较对照有明显提高,所增光合产物主要分配在地上部分(表 3)。试验开始时芦苇总生物量为 1019 g/m^2 (其中地上部仅占少量),试验结束时对照和 CO₂ 加浓处理总生物量分别为 1592 g/m^2 和 1899 g/m^2 ,所以大气 CO₂ 浓度提高一倍左右使芦苇生物生产力提高 53.7%。

$$\text{即 } \frac{(1899 - 1019) - (1592 - 1019)}{1592 - 1019} \times 100 = 53.7\%$$

为了查明经 44d 长期 CO₂ 加浓处理后对光合能力有无影响,处理结束时在正常大气中对对照和处理植株冠层叶片的光合速率和叶绿素含量作了测定,结果处理与对照之间差异不显著(表 3)。

表 3 处理 44d 后芦苇性状

Table 3 Characteristics of reed after 44 days of treatment

	光合速率 P _a ($\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$)	叶绿素含量 Chl content ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	叶重 Leaf wt (g/m^2)	茎重 Stalk wt (g/m^2)	地下部重 Under ground part(g/m^2)	总生物量* Total biomass (g/m^2)	叶面积系数 LAI
对照 Control	18.9 $\pm$ 1.3	23.0	229	516	848	1592	4.75
CO ₂ 加浓 CO ₂ -enriched	18.2 $\pm$ 2.7	22.1	247	736	916	1899	4.87

* 处理前总生物量为 1019g/m²; Total biomass before treatment was 1019 g/m².

Delucia 等人将棉花栽培于 CO₂ 加浓的条件下 4 星期,叶面积、比叶重和生物量均提高,675 和 1000mL/m³ CO₂ 浓度下的植株干重比 350mL/m³ 的对照植株提高 72%和 115%⁽²⁾。Madore 等人将矮黄瓜栽培于 1150mL/m³ CO₂ 浓度下 6 星期,叶面积、单位叶面积重、株条重均比 330mL/m³ CO₂ 浓度下的提高⁽⁴⁾。还有许多农作物和树木在 CO₂ 浓度提高的环境中生长时,生长量显示出明显的提高⁽³⁾。这些结果与在芦苇群体水平上所得结果一致。但是 Delucia 等人发现棉花经 4 星期 675 或 1000mL/m³ 高浓度 CO₂ 处理,叶绿素含量减少,叶绿素 a/b 比值改变,潜在光合速率下降⁽²⁾。在本文的芦苇试验中,处理的 CO₂ 浓度比大气中高一倍左右,经过 44d 长期处理的植株叶绿素含量和光合速率与对照相差并不显著。究竟与物种不同还是与实验条件不一样有关,尚待进一步研究。

参 考 文 献

- 1 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海,上海科学技术出版社. 1978,199—200,511—512
- 2 Delucia E H. *et al.* Photosynthetic inhibition after long-term exposure to elevated levels of atmospheric carbon dioxide. *Photosynthesis Research* 1985,7(2),175—184
- 3 Kimball B A. Carbon dioxide and agricultural yield: An assemblage and analysis of 770 prior observations. *WCL Report. US Water Conservation Laboratory*. Phoenix, Arizona. 1983
- 4 Madore M and Grodzinski B. Effects of CO₂ enrichment on growth and photoassimilate transport in a Dwarf Cucumber (*Cucumis sativus* L.) cultivar. *Plant Physiol.* 1985,121(1),59—71
- 5 Qiu G X, *et al.* Bamboo in sub-tropical eastern China. In: *Primary productivity of grass ecosystems of the tropics and sub-tropics*. (Long S P *et al.* eds.). Chapman & Hall. 1992,159—188

REED(*PHRAGMITES COMMUNIS* TRIN.) BIOPRODUCTIVITY AND ITS RESPONSE TO INCREASED ATMOSPHERIC CO₂ CONCENTRATIONS

Wang Zhuhua Shen Yungang Qiu Guoxiong Li Deyao

(Shanghai Institute of Plant Physiology, Academia Sinica, Shanghai, 200032)

Sang Huayuan

(Shanghai Chaoyang State Farm, Shanghai, 201326)

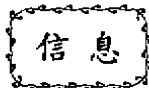
The bioproductivity and growth characteristics of reed vegetation and the soil conditions were measured on the beach of east China Sea in the east of Shanghai 31°1'N at different

distances from the levee to the sea shore. Its mean net primary production was $2.074 \pm 0.554 \text{ kg m}^{-2} \text{ a}^{-1}$, of which the biomass of above-ground and under-ground parts were 1.433 ± 0.382 and $0.641 \pm 0.566 \text{ kg m}^{-2} \text{ a}^{-1}$, respectively.

Experimental results for reed plants growing over the levee indicated that, when atmospheric CO₂ concentration was doubled, the leaf area and specific leaf weight were increased. After 44 days of treatment with a doubled CO₂ concentration, the bioproductivity was 53.7% higher than the control and most of the photosynthates were allocated to the above-ground part. At the end of the experiment, photosynthetic rate (in normal air) and chlorophyll content in the treated plants were similar to those in the control.

Key words: reed, bio-productivity, doubled CO₂ concentration.

=====



《农田作物层环境生态》一书出版

最近中国农业科技出版社出版了“农田作物层环境生态”一书。全书 420 页, 35 万字, 由中国科学院地理研究所大屯农业生态站董振国、于沪宁撰写。全书共分六章: 作物群体结构、农田作物层温度、农田作物层光分布、农田活动层能量收支、农田作物层 CO₂ 分布与传输、农田作物层气孔阻抗等。论述的主要内容有: 高产农田(吨粮田)群体结构特征, 黄淮海平原农田叶面积分布与农田光能利用率, 光合有效辐射单位及换算关系, 冬小麦作物层内光谱组成, 冬小麦叶层光能吸收率与干物质生产, 农田土壤热通量, 农田活动层辐射和热量平衡, 农田作物层 CO₂ 浓度测定方法, 作物层 CO₂ 传输和作物光合生产力, 作物气孔阻抗的研究观测方法, 气孔行为与环境因子的关系等。该书可供从事生态、农学、气象和地理的科技人员阅读参考, 需要该书的同志可与北京安外大屯路地理研究所董振国联系, 定价 18.00 元, 邮政编码 100101。