第 28 卷 第 3 期 水 生 生 物 学 报 Vol. 28, No. 3
2004 年 5 月 ACTA HYDROBIOLOGICA SINICA May, 2004

高浓度 CO_2 下苦草的生长和生理生化反应

耿显华 于 丹 黄永明 谢永宏 杨永清
(武汉大学生命科学院水生植物实验室, 武汉 430072)

摘要: 对沉水植物苦草(*Vallisneria spiralis* L.) 在高浓度 CO_2(1000μmol/mol) 和对照浓度 CO_2(350μmol/mol) 下的生长特征和生理生化指标进行了比较研究。在实验的早期阶段, 从冬芽出苗的苦草幼株在高浓度 CO_2 下生长明显加快, 但由于后期生长逐渐放慢, 其最终总生物量比对照组仅高出 11.6%。尽管高浓度 CO_2 也促进了根的生物量的累积, 但是由于苦草叶片生物量占总株生物量比例大, 高浓度 CO_2 下苦草生物量的增加主要反映为叶片生物量的增加。在实验后期阶段, 高浓度 CO_2 促进了苦草冬芽的形成。实验过程中, 苦草的根叶生物量比(RLR) 在高浓度和对照浓度 CO_2 下均有所降低, 二者之间无明显统计学差异。高浓度 CO_2 下苦草叶片中叶绿素含量和可溶性蛋白质含量降低, 而可溶性总糖含量明显增加。

关键词: 高浓度 CO_2, 苦草生长, 生理生化
中图分类号: Q948.8 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2004)03-0304-06

目前大气中的 CO_2 浓度正以每年约 1.2μmol/mol 的速度递增[1, 2]。在大气中 CO_2 浓度升高的同时水体中的总无机碳(DIC) 也以约 1∶10 比例在增高[3], 因而水中总的无机碳源(DIC) 也会相应地日益增高, 而水中的无机碳是沉水植物光合作用的必须元素之一。在自然水体中, DIC 的含量往往是水生植物生长的一个重要的限制因子, 其含量的改变必然会影响到水生植物的生长及分布甚至影响到整个水生态系统[4]。迄今为止, 高浓度 CO_2 对植物影响的研究主要集中在对农作物、陆生草本植物以及树木的研究上[5, 6], 而对水生植物影响的研究很少且主要集中在藻类[7]、浮叶植物[8]、挺水植物[9]以及少量海洋高等植物[10, 11]的研究上, 对沉水植物的研究, 由于 CO_2 受到水-气界面及水-植物体界面上的扩散阻力影响研究起来有一定的困难, 因而鲜有涉及。

沉水大型维管束植物是健康水域生态系统中的重要组成部分, 它是初级生产者, 同时能净化水质, 并为水生动物提供必须的栖息生境和产卵场所[12], 沉水植被的变化会对水生生态系统的理化环境和系统中其他生物产生巨大的影响[13], 因此研究高浓度 CO_2 对沉水植物的影响是非常必要的。由苦草等种类组成的沉水植被是长江中下游湖泊主要的生物组分和重要的生物环境, 对湖泊的生态系统的结构和功能起关键作用[14]。本实验以苦草为研究对象, 它为多年生草本沉水植物, 为广布种, 同时也是长江中下游湖泊常见的沉水植物优势种, 并且是湖泊中草食性或杂食性动物喜欢的饵料, 对了解沉水植物对大气二氧化碳浓度升高的响应有一定的代表意义。

1 材料和方法

1.1 植物材料和实验设计 材料为苦草。苦草冬芽采自湖北省鄂州市梁子湖(30°05′—30°18′N, 114°21′—114°39′E)。选取大小及生长状况比较一致的冬芽种于盛有东湖底泥的培养缸中, 室外培养一个月使其长出幼苗。选择生长一致、健壮的苦草植株(株高约为 20cm, 3—4 个叶片) 移栽到盛有东湖底泥的塑料盆(31cm × 21cm × 9cm) 中, 每盆 8 株, 共 12 盆, 随机选取 6 盆放入对照水族缸, 另 6 盆放入处理水族缸。此实验所用水族缸规格为 100cm × 50cm × 100cm, 都有一活动玻璃盖, 玻璃盖上有四个直径为 4cm 的通气口。实验过程中根据苦草植株生长状况添加自来水, 并保持对照和处理水族缸中水深一致, 最终水深为 50cm。

收稿日期: 2003-05-16; 修订日期: 2004-02-18
基金项目: 国家自然科学基金重点项目(No. 39830060) 资助
作者简介: 耿显华(1978—), 女, 硕士生; 湖北咸宁人, 从事水生植物学研究
通讯作者: 于 丹 E-mail: yudan01@public.wh.hb.cn

1.2　二氧化碳施放方法及环境条件　充气实验在武汉大学生态研究所人工气候室内进行, 始于 2002 年 6 月 1 日, 为期 90 天。本实验供气方式采用半封闭式(图 1)。利用空气压缩机将新鲜空气从外部吸入, 经过空气净化器后, 一部分空气直接进入对照水族缸(约 350μmol/ mol) , 另一部分则进入作为配气室用的密闭玻璃水族缸, 同时纯二氧化碳气体在一小型流量计的控制下以 25ml/ min 的流速进入该配气室, 经风扇充分混匀后, 混合空气进入处理水族缸。采用 GM12A CO_2 气体分析仪(VAISALA, Made in UK) 24h 监测配气室二氧化碳浓度, 使其维持在 1000μmol/mol, 24h 供气。采用碘钨灯提供光照, 光照强度约为 1000lux, 每天光照时间为 8: 00—22: 00。控制温度白天 25 ±2 ℃, 夜间 15 ±2 ℃。

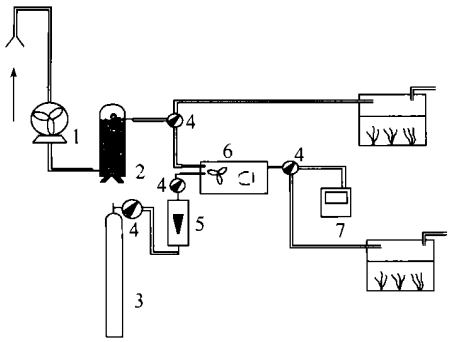

图 1　CO_2 充气方法及植物培养

Fig. 1　Sketch map of CO_2 inflating and plant culture

1. 空气压缩机　2. 空气净化器　3. 纯 CO_2 气缸

4. 阀门　5. 微量流量计　6. 风扇　7. GM12A CO_2 分析仪

1.3　生长分析　分别在实验的第 15d, 30d, 60d 和 90d 进行收获性取样一次。在对照和高浓度 CO_2 水族缸中各取出一盆材料, 对所有植株进行分析。每次取样用流水将根系仔细冲洗干净后将植株分成根、叶及芽(如果产生) , 测量成熟叶片中部的宽度作为叶片宽度指标, 记录各植株叶片数目。叶面积测定采取画样剪纸称量法: 先把叶形画于纸上, 然后剪样称其重量, 用公式: 叶面积= 画样纸重/ $1cm^2$ 纸重求出相应的叶面积。将植株各部分 80 ℃烘干至恒重, 在电子天平上称量(精度为 0.001g)。相对生长速率采用单位时间的苦草干重取对数后的增量, 计算公式: RGR (Relative growth rate) = (LnW_{t+1} − LnW_t) / Δt(mg/g/ d)。叶重比(Leaf weight ratio, LWR) = 叶生物量/ 总生物量。根重比(Root wight ratio, RWR) = 根生物量/ 总生物量。根叶比(Root leaf ratio, RLR) = 根/ 叶生物量(mg/mg) 。冬芽率(Emergent frequency of turion, TEF) = 冬芽数/ 取样株数

1.4　生理生化指标的测定　叶绿素含量的测定采用 80% 丙酮提取法[15]。可溶性糖含量按蒽酮比色法[16]。可溶性蛋白质含量按考马斯亮蓝法[17]。

1.5　统计分析　用 Two-way ANOVA(SPSS Sofware) 分析高浓度 CO_2 对苦草的生长及其生理生化指标作用效果, 用 t-检验进行每个时间段的分别比较。分析时对生物量数据进行自然对数转化以符合正态分布。

2　结果和分析

2.1　高浓度 CO_2 对苦草生长的影响

生长在高浓度 CO_2 条件下的苦草其生物量始终高于对照 CO_2 中的。但是在实验的前期, 高浓度 CO_2 对苦草生物量累积的作用更为明显。在实验第 45d, 高浓度 CO_2 下的苦草生物量较对照高出 101.1% ($P < 0.01$) , 在第 60d 高出 94.5% ($P < 0.05$) , 第 90d 则只高出 11.6% (图 2)。

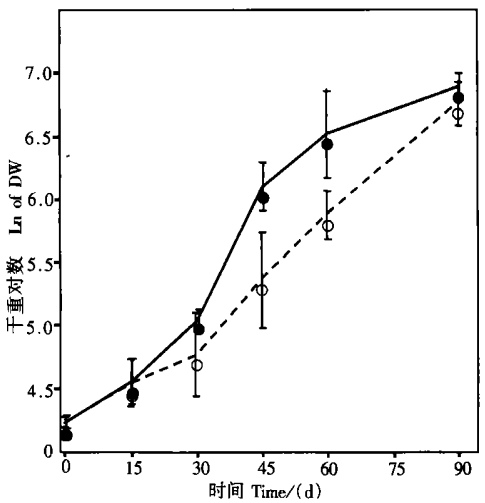

图 2　高 CO_2 浓度对苦草总生物量的影响

Fig. 2　Effect of elevated CO_2 on the total biomass of *V. spiralis*

-○- 对照 CO_2　—●— 高 CO_2

高浓度 CO_2 下苦草生物量的增加主要是由于叶片生物量的增加所致(图 3)。叶重比在高浓度 CO_2 和对照 CO_2 中都保持在 0.66—0.80 之间, 占总生物量的绝大部分。在实验第 15d 以后根叶比在 0.19—0.35 之间波动, 高浓度 CO_2 对根叶比无明显影响(图 4)。高浓度 CO_2 促进了苦草冬芽的形成, 在高浓度 CO_2 中苦草冬芽形成率增加(图 5) 。

在实验早期, 高浓度 CO_2 明显加快了苦草的相对生长速率($P < 0.05$)。但是 45d 以后, 对照和高浓度 CO_2 浓度下的苦草相对生长速率都降低了, 且

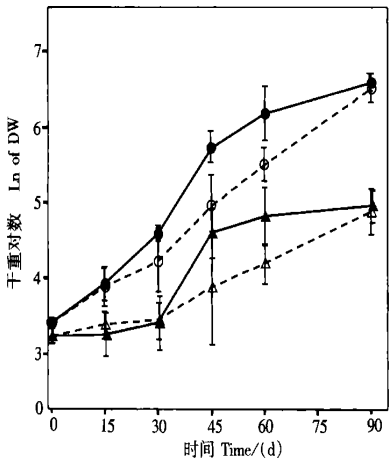

图3 高 CO_2 浓度对苦草生物量分配的影响

Fig.3 Effect of elevated CO_2 on the biomass allocation of *V. spiralis*

-○- 对照 CO_2 —●— 高 CO_2

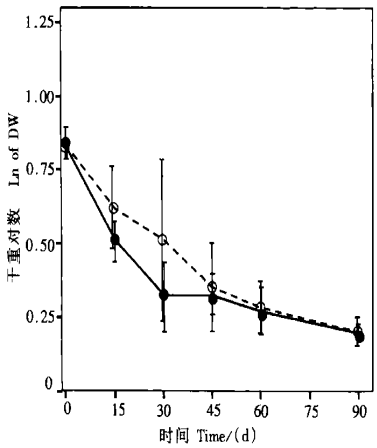

图4 生长在不同 CO_2 浓度中苦草的根叶比

Fig.4 Root leaf ratio of *V. spiralis* growing in different CO_2 concentrations

-○- 对照 CO_2 —●— 高 CO_2

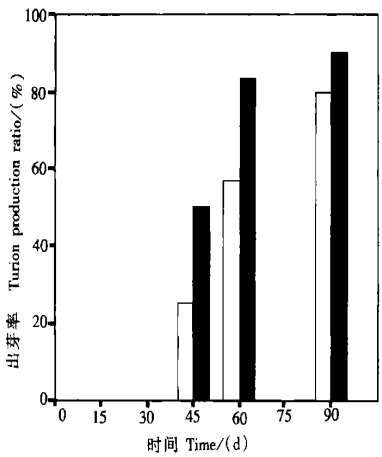

图5 高 CO_2 浓度对苦草出芽率的影响

Fig.5 Effect of elevated CO_2 on the TEF of *V. spiralis*

□ 对照 CO_2 ■ 高 CO_2

高浓度 CO_2 中的降低幅度更大。尽管如此,高浓度 CO_2 中的苦草平均相对生长速率还是要高(图6)。

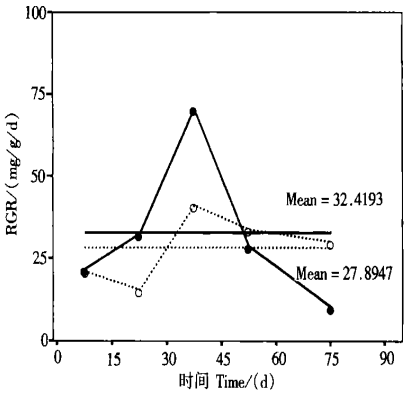

图6 高 CO_2 浓度对苦草相对生长速率的影响

Fig.6 Effect of elevated CO_2 concentration on the RGR of *V. spiralis*

-○- 对照 CO_2 —●— 高 CO_2

2.2 高浓度 CO_2 对苦草生理生化物质的影响

2.2.1 高浓度 CO_2 对苦草叶绿素含量的影响 高浓度 CO_2 使苦草叶绿素含量降低(表1)。在实验第30d高浓度 CO_2 中叶绿素a,叶绿素b及总叶绿素含量分别比对照 CO_2 中降低了11.4%,12.9%,11.8%。60d取样的结果降低幅度普遍变小。实验过程中,叶绿素a/b比率不受高浓度 CO_2 的影响。

2.2.2 高浓度 CO_2 对苦草可溶性总糖及其可溶性蛋白质含量的影响 实验过程中,高浓度 CO_2 下苦草叶片中的可溶性总糖含量明显升高($P<0.05$),可溶性蛋白质含量则明显降低了($P<0.05$)(表2)。两次取样结果有所不同,60d的结果没有30d的变化幅度大。

3 讨论

在本实验中,高浓度 CO_2 明显促进了苦草的生长,但是这种促进作用集中在生长的前期,随着时间的延长,这种促进作用减小。Radoglou[18]对四种杨树无性系幼苗的报道也证实高浓度 CO_2 的作用主要集中在生长季节的前期。Ryle[19]对多年生黑麦草的研究也得出类似的结论。大多数的研究指出高浓度 CO_2 能使陆生植物生长加速且能提高其生物量37%左右[20]。在此实验中,高浓度 CO_2 中苦草的生物量较对照增高11.6%,这一结果与前人的结论有一定差异。这种差异可能是因为不同的实验材料与方法造成。沉水植物不能像陆生植物一样能直接与大气中的 CO_2 接触,自然条件下沉水植物的光和作用经常受到水体中的DIC的限制[10]。因此,一方面尽管

空气中的高 CO_2 间接会使水中 DIC 浓度升高, 从而使苦草生长得到促进, 生物量增加; 另一方面, 由于静水中叶缘 CO_2 扩散边界层太厚阻碍了 CO_2 的吸收[21] 及水生植物本身相对低效能的 DIC 吸收体系, 苦草对高浓度 CO_2 的反应不如陆生植物强烈。Wetzal and Grace[22] 也指出具有与大气自由接触叶片的浮叶植物对高浓度 CO_2 的响应要比沉水植物强烈。由于苦草的叶片生物量占总生物量的 66—80%, 所以苦草生物量的增加主要是因为叶片生物量的增加。苦草叶片数目无论是试验组还是对照组均无明显变化(结果未列出), 因此叶片生物量的增加是有限的, 这也决定了高浓度 CO_2 中的苦草在经过一个快速生长过程后, 最终其总生物量的增长是有限的。

表 1　高浓度 CO_2 对苦草生长过程中叶片叶绿体色素含量的影响

Tab. 1　Effect of elevated CO_2 concentration on chlorophyll content in the leaves of *V. spiralis*(mg/g FW)

时　间 Time	CO_2 浓度	叶绿素 a 含量 Chl-a	叶绿素 b 含量 Chl-b	叶绿素 a/b 比率 (Chl-a)/(Chl-b)	叶绿素总含量 (Chl-a)+(Chl-b)
30d	A	0.78±0.01	0.30±0.01	2.64	1.09±0.02
	E	0.69±0.02	0.26±0.01	2.68	0.96±0.03
	(E-A)/A(%)	-11.4	-12.9	1.5	-11.8
60d	A	0.91±0.02	0.36±0.01	2.55	1.28±0.02
	E	0.85±0.01	0.33±0.01	2.60	1.19±0.01
	(E-A)/A(%)	-6.8	-8.6	2.2	-7.3

A: Ambient CO_2 concentration(350μmol/mol)　E: Elevated CO_2 concentration(1000μmol/mol)

数据为三个重复的平均值±标准误 Values are Means±1S.E., N=3

表 2　高浓度 CO_2 对苦草生长过程中叶片可溶性总糖含量及其可溶性蛋白质含量的影响

Tab. 2　Effects of elevated CO_2 concentration on the total soluble sugar and protein content in the leaves of *V. spiralis*

时　间 Time	CO_2 浓度	可溶性总糖含量(mg/g FW) Total soluble sugar content	可溶性蛋白质含量(mg/g FW) Soluble protein content
30d	A	3.41±0.04	3.23±0.04
	E	4.89±0.22*	2.50±0.16*
	(E-A)/A(%)	43.5	-22.5
60d	A	7.72±0.15	4.10±0.14
	E	9.22±0.20*	3.64±0.28*
	(E-A)/A(%)	19.5	-11.1

A, E 同表 1 注

许多实验发现陆生植物在长期高浓度 CO_2 条件下往往会发生光合适应[24—25], 植物的光合作用能力恢复到原来的水平甚至还要下降[26]。一些实验结果表明空气中 CO_2 浓度升高将会使许多水生植物的光合速率提高[27], 但是沉水植物在长期高浓度 CO_2 中也会发生一定程度的光合下调[28]。在实验前期, 高浓度 CO_2 中苦草的相对生长速率明显高于对照 CO_2 浓度的。随着实验的进行, 高浓度 CO_2 和对照中苦草的相对生长速率都有不同程度的降低, 高浓度 CO_2 甚至比对照的还要低, 这也许是因为发生了一定程度的光合适应。但是具体原因有待于深入研究。

Rogens[29] 研究指出, CO_2 浓度增高可能会影响到植物体内碳水化合物的平衡。当碳水化合物的"汇"规模较小或碳水化合物的传输受到限制, 则可能会因为过多碳水化合物在叶片中积累, 而对光合速率造成反馈抑制。苦草根系不发达, 高浓度 CO_2 中可能造成过多的碳水化合物积累在叶片, 从而引起光合速率回落, 甚至会低于对照 CO_2 浓度的。研究结果表明, 高浓度 CO_2 下苦草叶片中的可溶性总糖含量明显增高, 可能会通过反馈抑制作用使叶片光合速率降低。高浓度 CO_2 降低了可溶性蛋白质的含

量,这可能由于被叶片中过多的可溶性总糖稀释的结果[30],也可能是苦草发生光合适应后来减少光合装置及酶系统来适应高浓度 CO_2 的结果。

高浓度 CO_2 下苦草的 Chl-a, Chl-b, (Chl-a+ Chl-b) 含量降低,但是(Chl-a)/(Chl-b) 比值无明显变化,这与一些陆生植物得出的结论相同[31]。叶绿素含量的下降可能是被非结构性碳水化合物稀释的结果[25]。同时,高浓度 CO_2 中叶绿素含量下降也可能会影响到苦草的光合能力。

本实验没有对苦草在高浓度 CO_2 下的光合能力,光合酶系统做具体的研究。苦草是否真的发生了光合适应,其光合能力下降多少,这都有待于进一步的研究。

Radoglou[18] 认为不同的物种对高浓度 CO_2 的反应不同可能会影响将来环境中的群落的物种组成和结构。大气中 CO_2 浓度升高不仅改变了陆生植物的生存环境,同时也改变了水生植物的生长环境。空气中的 CO_2 溶解到水中会以 CO_2, HCO_3^-, CO_3^{2-} 几种形式存在于水体中,其中游离的 CO_2 是最易利用的碳源。不同的水生植物对水中的 DIC 的吸收利用能力不同。许多高等水生植物不仅能利用水中的游离 CO_2 作为光合碳源,还能高效利用水中的 HCO_3^-,甚至 CO_3^{2-}。物种间竞争 CO_2 能力的差异可能导致未来高浓度 CO_2 条件下水草体系物种分布的变迁。苦草在高浓度 CO_2 中形成更多的冬芽,说明其无性繁殖能力增强了,可能导致在未来大气高浓度 CO_2 的水体环境中有更大的生产力,但是关于沉水植物群落的研究还很匮乏,该结论还需要大量的实验来支持。

参考文献:

[1] Conway T J, Tans P, Waterman L S, *et al*. Atmospheric carbon dioxide measurements in remote global troposphere, 1981-1984[J]. *Tellus*, 1988, **40B**: 81—115

[2] Keeling C D, Whorf T P, Wahlen M, *et al*. International extremes in the rate of rise of atmospheric carbon dioxide since 1980[J]. *Nature*, 1995, **325**: 666—670

[3] Goudriaan J. Interaction of ocean and biosphere in their transient response to increasing atmosphere CO_2[J]. *Vegetario*, 1993, **104/105**: 329—337

[4] Frederick T S, Hilary A N. The effects of global climate change on seagrasses[J]. *Aquatic Botany*, 1999, **63**: 169—196

[5] Idso K E, Idso S B. Plant responses to atmospheric CO_2 enrichment in the face of environment constraints: a review of the past 10 years research[J]. *Agric. For. Meteorol*, 1994, **69**: 153—203

[6] Jiang G M, Han X G, Lin G H. Response of Plant growth to elevated [CO_2]: A review of the chief methods and basic conclusions based on experiments in the external countries in past decade[J]. *Acta Phytoecologia Sinica*, 1997, **21**(6), 489—502. [蒋高明, 韩兴国, 林光辉, 大气 CO_2 浓度升高对植物的直接影响——国外十余年来模拟实验研究之主要手段及基本结论. 植物生态学报. 1997. **21**(6), 489—502]

[7] Xia J R, Gao K S. Effects of high CO_2 concentration on growth and photosynthesis of *Spirulina maxima* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2001, **25**(5): 474—480[夏建荣, 高坤山, 2001. 高浓度 CO_2 对极大螺旋藻生长和光合作用的影响. 水生生物学报, **25**(5): 474—480]

[8] Spenser W, Bowes G. Photosynthesis and growth of water hyacinth under CO_2 enrichment [J]. *Plant physiology*, 1986, **82**: 528—533

[9] Mckee J, Richards A J. Variation in seed production and germinability in common reed(*Phragmites australis*) in Britain and France with respect to climate[J]. *New Phytol*, 1996, **133**: 233—243

[10] Thom R M. CO_2 enrichment effects on eelgrass(*Zostera marina* L.) and bull kelp (*Nereocystis luetkeana* (Mert.) P. R.) [J]. *Wat. Air Soil pollut*, 1996, **88**: 383—391

[11] Zimmerman R C, Kohrs D G, Steller D L, *et al*. Impacts of CO_2 enrichment on production and light requirements of eelgrass[J]. *Plant Physiology*, 1997, **115**: 599—607

[12] Yu D, Zeng Y B, Zhang H H, *et al*. Restoration of aquatic vegetation and its role in the ecological pool of natural resources in Lake Yunihu [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1996, **7**(4): 401—406. [于丹, 曾一本, 张汉华, 1996. 淤泥湖退化水生植被恢复及其在湖泊资源天然生态库中作用的研究. 应用生态学报, **7**(4): 401—406]

[13] Carpenter S R, Lodge D M. Effects of submersed macrophytes on ecosystem process[J]. *Aquatic Botany*, 1986, **26**: 341—370

[14] Liu J k. Ecological study of Donghu Lake Ⅱ [M]. Beijing: Science Press. 1995. [刘建康. 东湖生态学研究(二). 北京: 科学出版社. 1995]

[15] Chen H D and Chen X Y. Measurement of chlorophyll content of aquatic plants[J]. *Fisheries of Hubei*, 1998, **1**: 26—37. [陈洪达, 陈晓燕, 1988, 水生植物叶绿素含量的测定. 湖北渔业, 1988, **1**: 26—37]

[16] Zhang Z L. A guide to experiments of plant physiology [M]. Shanghai: Shanghai Education Press. 1994. [张志良, 1994. 植物生理实验指导. 上海: 上海教育出版社]

[17] Bradford M M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of proteirr dye binding[J]. *Anal Biochem*, 1976, **17**: 248—254

[18] Radoglou K M and Jarvis P G. Effects of CO_2 enrichment on four poplar clones. I. Growth and leaf anatomy[J]. *Annals of Botany*, 1990, **65**: 617—626

[19] Ryle G J A, Pawell C E and Veronica Tewson. Effect of elevated CO_2 on the photosynthesis, respiration and growth of perennial ryegrass [J]. *Journal of Experimental Botany*, 1992, **43**(251): 811—818

[20] Pooter H. Interspecific variation in the growth response of plants to an elevated ambient CO_2 concentration[J]. *Vegetatio*, 1993, **104/105**: 77—97

[21] Koch E W. Hydrodynamics, diffusion-boundary layers and photosynthesis of the seagrass *Thalassia testudinum* and *Cymodocea nodosa* [J]. Mar Bio, 1994, **118**: 767—776

[22] Lemon E R. CO_2 and Plants: Response of plants to rising levels of atmospheric carbon dioxide[M]. Boulder: Westview Press, 1983, 223—280

[23] Chen D X, Coughenour M B, Eberts D, *et al*. Interactive effects of CO_2 enrichment and temperature on the growth of dioecious *Hydrilla verticilla* [J]. *Environ. Exp. Bot*, 1994, **34**: 345—353

[24] Lawlor D W, Mitchell R A C. The effects of increased CO_2 on crop photosynthesis and productivity: a review of field studies[J]. *Plant, Cell and Environment*, 1991, **14**: 807—818

[25] Osborne C P, Drake B G, Laroche J, *et al*. Does long-term elevation of CO_2 concentration increase photosynthesis in forest floor vegetation? [J] *Plant Physiology*, 1997, **114**: 337—344

[26] Arp W J, Drake B G. Increased photosynthetic capacity of *Scirpus olney* after 4 years of exposure to elevated CO_2[J]. *Plant, cell and Environment*, 1991, **14**: 1004—1008

[27] Beer S, Rehnberg J. The acquisition of inorganic carbon by the seagrass *Zostera marina* [J]. *Aquatic Botany*, 1997, **56**(3-4): 277—283

[28] Madsen T V, Maberly S C, Bowes G. Photosynthetic acclimation of submersed angiosperms to CO_2 and HCO_3^-[J]. *Aquatic Botany*, 1996, **53**: 15—30

[29] Rogens G S, Milham P J, Gilings M *et al*. Sink strength may be the key to growth and nitrogen responsse in N-deficient wheat at elevated CO_2[J]. *Aust. J. Plant. Physiol.*, 1996, **23**: 253—264

[30] Kuehny J S, Peet M M, Nelson P V and Willits K H. Nutrient dilution starch in CO_2-enriched chrysanthemum [J]. *Journal of Experimental Botany*, 1991, **42**: 711—716

[31] Lin F P, Chen ZH, Chen Z P, *et al*. Physiological and biochemical responses of the seedlings of four legume tree species to high CO_2 concentration[J]. *Acta Phytoecologica Sinica*, 1999, **23**(3): 220—227. [林丰平, 陈章和, 陈兆平, 高 CO_2 浓度下豆科几种乔木幼苗的生理生化反应. 植物生态学报, 1999, **23**(3): 220—227]

GROWTH AND PHYSIO-BIOCHEMISTRY RESPONSES OF *VALLISNERIA SPIRALIS* L. TO CO_2 ENRICHMENT

GENG Xian-Hua, YU Dan, HUANG Yong-Ming, XIE Yong-Hong and YANG Yong-Qing

(Laboratory of Aquatic Botany, College of Life Science, Wuhan University, Wuhan 430072)

Abstract: Growth and physio-biochemistry responses of *Vallinseria spiralis* L. were studied comparatively at ambient (about 350μmol mol^{-1}) and elevated (about 1000μmol mol^{-1}) CO_2 concentration. Young plants under elevated CO_2 grew faster than their counterparts in ambient CO_2 at early stage. But as this superiority did not persist throughout the experiment, finally plants at CO_2-enriched environment accumulated just 11.6% more total biomass than those at control. The total biomass advantage of the *V. spiralis* under elevated CO_2 was primarily due to its leaf weight increment superiority over the control at the end of the experiment. More turions formed under elevated CO_2. Root/leaf ratio trended to decrease under both elevated and ambient CO_2, but no significant difference was detected. Under elevated CO_2 chlorophyll and soluble protein content decreased, While total soluble sugar content increased significantly.

Key words: CO_2 Enrichment; *Vallisneria spiralis* L.; Growth; Physio-biochemistry