

悬浮泥沙对亚洲苦草幼苗生长发育的影响

王文林 王国祥 李强 马婷 潘国权

(南京师范大学地理科学学院,江苏省环境演变与生态建设重点实验室,南京 210097)

摘要:将亚洲苦草 (*Vallisneria asiatica* Miki L.) 幼苗植株种植于浊度分别为 30NTU、60NTU 和 90NTU 的悬浮泥沙水体中,统计各处理苦草幼苗的生长发育状况,并使用水下饱和和脉冲叶绿素荧光仪 (DIVING PAM) 测定 PS 最大量子产量 (F_v/F_m)、实际光化学效率 (Yield)、光化学荧光淬灭系数 (q^P)、非光化学荧光淬灭系数 (q^N)、表观电子传递效率 (ETR) 以及快速光响应曲线。结果表明,实验第 5 天,悬浮泥沙对于苦草幼苗的存活、生长发育及光合作用影响不显著 ($p > 0.05$),苦草幼苗在低光胁迫下通过增加热耗散以保护 PS。30d 后,悬浮泥沙对于苦草幼苗的存活、生长发育及光合作用影响显著 ($p < 0.05$),30NTU 组苦草幼苗生长发育虽明显受到抑制,但仍能保持一定的存活率;而泥沙浊度为 60NTU 和 90NTU 时则完全不利于苦草幼苗存活。30NTU、60NTU、90NTU 组的 F_v/F_m 值、Yield 值、 q^P 值、最大 ETR 均显著低于对照 ($p < 0.05$),30NTU 组最小饱和光强为 $176 \mu\text{mol quanta}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$,而 60NTU、90NTU 组则只有 $17 \mu\text{mol quanta}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$,远低于对照组的 $248 \mu\text{mol quanta}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 。

关键词: 泥沙;苦草幼苗;生长;光合荧光参数

中图分类号: Q948.11 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2007)04-0460-07

大型水生植物对生态系统物质循环起着重要的调节作用,且有良好的净化效果与独特的经济效益,是建立良好的湖泊生态的基础^[1],是湖泊生态系统的必要组成部分,对湖泊生态修复起着重要作用^[2,3]。在水生植被的修复中,沉水植物的重建和修复较挺水、浮水和浮叶植物难,应作为湖泊治理和生态修复的关键技术进行研究^[4]。有效光强是沉水植物生长的重要限制因子^[1],目前研究多集中在由藻类引起的有效光强变弱的水体中恢复、重建沉水植物;而在悬浮泥沙含量较高的水体(如以长江水为补充水的河、湖)中,泥沙悬浮可导致透明度降低,其附着植株导致与水体间气体交换和营养物质交换的改变,影响植株的光合作用^[5],在此类水体中修复、重建沉水植物的研究相对较少。

脉冲调制(PAM)叶绿素荧光动力学技术是研究植物光合作用的快速、无损伤探针^[6,7],在陆生植物光合作用的研究中得到了广泛的应用^[8-10]。近年来水下荧光仪(DIVING PAM)的出现使原位测定沉水植物的光合作用成为可能。亚洲苦草(*Vallisneria asiatica* Miki L.)是一种喜阴的沉水植物,广泛生长

于淡水的湖泊和河流等水体中^[11]。本文将亚洲苦草幼苗置于不同浊度的含泥沙水体中,统计苦草幼苗的生长发育状况,并原位测定植株叶片的叶绿素荧光特性,研究泥沙对亚洲苦草幼苗生长发育的影响,为亚洲苦草的生物重建提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 植物材料 亚洲苦草的叶于根茎基部丛生,长狭带形,扁平,长 30—200cm,宽 4—18mm,鲜绿色,先端钝圆,叶缘有不大明显的小锯齿,以匍匐茎在水底蔓延繁殖;植物体雌雄异株,是典型的水媒花植物^[11]。本实验采用的亚洲苦草幼苗为苦草种子于室外自然光强下萌发所得,株高约 15cm 左右,2—3 叶。

1.2 试验设计 本实验在南京师范大学仙林校区江苏省环境工程实验室“水环境生态修复中试平台”的 4 个独立循环水域中进行,长 1.5m,宽 1.1m,水深调节为 0.7 m。选择亚洲苦草幼苗发育一致的培育花盆移入试验水域,每个水域放置 3 盆,每盆置 20 株。共设 4 组试验水域,其中 1 组为对照,其余 3 组

收稿日期:2006-01-13;修订日期:2006-12-27

基金项目:国家“十五”重大科技专项(2003AA601100-2);国家“十五”211工程“重大项目”不同时空尺度环境演变和生态建设”资助

作者简介:王文林(1981—),男,汉族,江苏南京人,硕士;从事水环境生态修复方面研究。Tel:13851774512, E-mail:wangwenlin_jjl@126.com

通讯作者:王国祥, E-mail:wanguoxiang@njnu.edu.cn

分别添加不同量的泥沙混浊液,使 3 组水体混浊度分别达到 30、60、90NTU 个浊度单位 (NTU: Nephelometric turbidity units)。

调节试验水体浊度的泥沙取自长江镇江征润州处的长江泥沙,先将泥沙溶于自来水中,然后将混浊的泥沙溶液用 100 μm 孔径筛网过滤,滤液静止 2h 后取上层悬浊液作为调节浊度的悬浮泥沙溶液。粒径分析结果表明,该悬浊液主要由粒径为 1—1.5 μm 、2.5—5 μm 、25—50 μm 和 50—100 μm 的泥沙组成,其含量分别占 40%、13.4%、12.4% 和 25%,即试验水体的浊度主要由粒径较小的细颗粒泥沙引起。

实验从 2005 年 5 月 9 日开始,6 月 8 日结束。

1.3 主要水体指标测定 水体 TN 、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 、TP 等指标采用 Skalar 湿化学流动分析仪 (荷兰) 测定;高锰酸盐指数 (COD_{Mn}) 的测定采用高锰酸钾氧化法;以上指标每 5 天测定一次。水体浊度使用美国 HACH 公司 2100P 浊度仪测定;水下光强使用水下饱和脉冲荧光仪 DIVING PAM 的光量子探头测定。

1.4 亚洲苦草生物形态学指标测定 每 5—10 天分别计数、测定每个处理组亚洲苦草幼苗的株数、株高,计算每盆幼苗的平均株数及平均株高 (主叶抽条高度),并计算其死亡率。实验前称取各盆植株的重量,计算各处理的平均生物量;实验结束时,将各盆苦草幼苗连根收割称重、计算各处理的平均生物量 (单盆)。

1.5 叶片叶绿素荧光参数的测定 亚洲苦草叶片叶绿素光化荧光参数的测定每隔 5—10 天进行一次,测定时,从上午 7:00 开始使用水下饱和脉冲荧光仪 DIVING PAM (德国 WALZ 公司) 和数据采集软件 wincontrol 进行。每一处理随机选择 5 株叶片测定叶绿素荧光参数值,取平均值作比较。连体叶片使用叶夹遮光处理 (暗适应) 5min 后,打开叶夹,开启测量光得到 F_0 ,再开启饱和脉冲光 (饱和脉冲光强度 4000 $\mu\text{mol photon/m}^2 \cdot \text{s}$,持续时间 0.8s) 测得到 F_m ,得到光化学最大量子产量 (F_v/F_m) 然后开启光强度为 30 $\mu\text{mol photon/m}^2 \cdot \text{s}$ 的光化光,照射叶片 10s 后,再开启饱和脉冲光测得 F_m' 与 F_t ,按下式计算:

光化学最大量子产量 $F_v/F_m = (F_m - F_0)/F_m$ [12];

实际光化学效率 $\text{Yield} (F_v/F_m) = (F_m - F_t)/$

F_m [12];

光化学淬灭系数 $q^P = (F_m - F_t)/(F_m - F_0)$ [13];

非光化学淬灭系数 $q^N = (F_m - F_m')/(F_m - F_0)$ [13];

1.6 苦草幼苗叶片快速光响应曲线 用 DIVING PAM (德国 WALZ 公司) 测定苦草幼苗叶片的光响应曲线。初始光照强度 (PAR) 1,最高光照强度 8,强度依次为 17、49、104、176、248、342、505、684 $\mu\text{mol photon/m}^2 \cdot \text{s}$,每种强度照射叶片 10s 后,开启饱和脉冲光测得 F_m 与 F_t ,测得快速光响应曲线,按下式计算:

相对光合电子传递速率 $\text{ETR} = \text{Yield} \times \text{PAR} \times 0.84 \times 0.5$ [11];

1.7 数据分析 对各处理组各指标分别进行单因子方差分析,以检验泥沙处理影响的显著性,程序为 STASTICA 软件中的 ANOVA 程序。

2 结果

2.1 实验期间各处理的水质状况

本试验期间,各组水体除了浊度指标有明显差异外,其他水环境质量主要指标如 TN 、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 、TP 和 COD_{Mn} 等的含量差异不显著 ($p > 0.05$, $N = 7$) 表 1。

表 1 实验期间各处理平均水质比较 (毫克/升)

Tab. 1 The comparison of average water quality in each treatment during experimental period (mg/L)

	$\text{NH}_4^+\text{-N}$	$\text{NO}_2^-\text{-N}$	$\text{NO}_3^-\text{-N}$	TN	TP	COD_{Mn}
对照 Control	0.016	0.021	0.056	0.560	0.087	4.98
30NTU	0.015	0.024	0.086	0.615	0.062	5.33
60NTU	0.014	0.018	0.115	0.628	0.078	5.21
90NTU	0.013	0.012	0.116	0.651	0.064	5.19

2.2 悬浮泥沙对亚洲苦草幼苗存活及生长发育的影响

表 2 各处理死亡率比较 (%)

Tab. 2 The comparison of death rate in each treatment (%)

	对照 Control	30NTU	60NTU	90NTU
第 5 天 5 th day	0.0	12.5	8.3	8.3
第 18 天 18 th day	0.0	70.8	83.3	75.0
第 30 天 30 th day	0.0	70.8	91.7	95.8

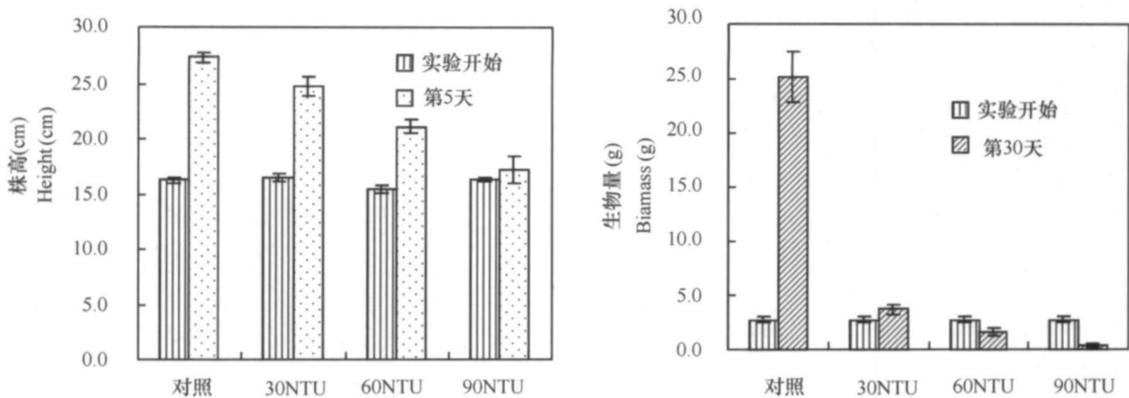


图1 各处理平均株高、平均生物量比较

Fig. 1 The comparison of average plant height and biomass in each treatment

由表2、图1可知,实验第5天,各泥沙处理组苦草幼苗出现死亡现象,但存活植株的株高有所增长,株高及增长率的顺序为对照 > 30NTU > 60NTU > 90NTU;实验第18天,各泥沙处理组苦草幼苗大量死亡,死亡率超过70%。随实验时间延长,60NTU及90NTU组植株持续死亡,到第30天时死亡率超过了90%;而30NTU组植株不再有死亡。

由图1可知,整个实验期间,对照组苦草幼苗的生物量增长迅速,达到了828.3%,30NTU组也增长了35.1%。而60NTU组和90NTU组的生物量出现下降,分别下降了43.6%、88.3%。

综上所述,与对照相比泥沙对苦草幼苗的生长发育和存活影响显著;30NTU组苦草幼苗虽能保持一定的存活率,但生长发育明显受到抑制,而泥沙浓度达60NTU和90NTU时则完全不利于苦草幼苗存活,存活率极低。

2.3 悬浮泥沙对亚洲苦草幼苗叶绿素荧光参数的影响

在逆境下,当光能吸收量超过了光化学反应的利用量,且过剩的光能量得不到耗散时,就会引起光合机构的破坏,其原初损伤部位在PS_{II}上。叶绿素荧光参数是评估PS_{II}状态良好的指标。苦草的最大光化学量子产量(用F_v/F_m来表示)反映了当所有的PS_{II}反应中心均处于开放态时的量子产量。图2显示,实验第5天,各泥沙处理组F_v/F_m值均较实验开始时有所增加;但在实验第18天,各泥沙处理组苦草幼苗植株的F_v/F_m值较之对照区均开始出现不同程度的下降;至实验第30天,30NTU组较之对照组下降了6.5%,下降尚不显著($p > 0.05$),而60NTU、90NTU组则下降显著($p < 0.05$),分别降低了13.5%、21.2%。

Yield表示在照光下PS_{II}的实际光化学效率反映吸收的光子供给PS_{II}反应中心的效率。如图2所示,实验第5天,各泥沙处理组Yield值皆有所下降,但与对照组相比并无明显差异;实验第18天,各泥沙处理组苦草幼苗植株的Yield值与对照区相比均显著下降($p < 0.05$);实验第30天,30NTU、60NTU、90NTU组分别下降了28.7%、47.0%、71.7%。表明,随时间和浊度增加,泥沙对苦草幼苗实际光化学效率的影响增加;且时间过长,超过18d, Yield下降显著。

q^P 是PS_{II}天线色素吸收的光能用于光化学电子传递的份额,较低的 q^P 反映PS_{II}中开放的反应中心比例和参与CO₂固定的电子减少。由图2可见,对照组苦草幼苗植株的 q^P 值随时间增加呈逐渐增加趋势,各泥沙处理组 q^P 值在实验第5天也略有增加,泥沙对苦草幼苗植株 q^P 无显著影响;而在实验第18天,30NTU、60NTU、90NTU组较之对照组 q^P 分别下降了11.2%、36.3%、35.0%,分别达到了显著和极显著水平;到实验第30天,30NTU组 q^P 值未再有下降,而60NTU、90NTU组则继续下降。

非光化学淬灭(q^N)反映的是天线色素吸收的光能不能用于电子传递而以热的形式耗散掉的光能部分,而热耗散是在光胁迫下植物保护PS_{II}的重要机制。由图2可见,实验开始时,各处理组 q^N 值均为0,天线色素吸收的光能均能用于电子传递。而在实验第5天,泥沙对苦草幼苗植株 q^N 的影响极显著($p < 0.01$),30NTU、60NTU、90NTU组 q^N 值较之对照组分别增加了12.5%、6.4%、9.9%,表明各泥沙处理组苦草幼苗植株出现低光胁迫,但通过增加热耗散以保护PS_{II},到实验第18天,对照组 q^N 值未有太大变

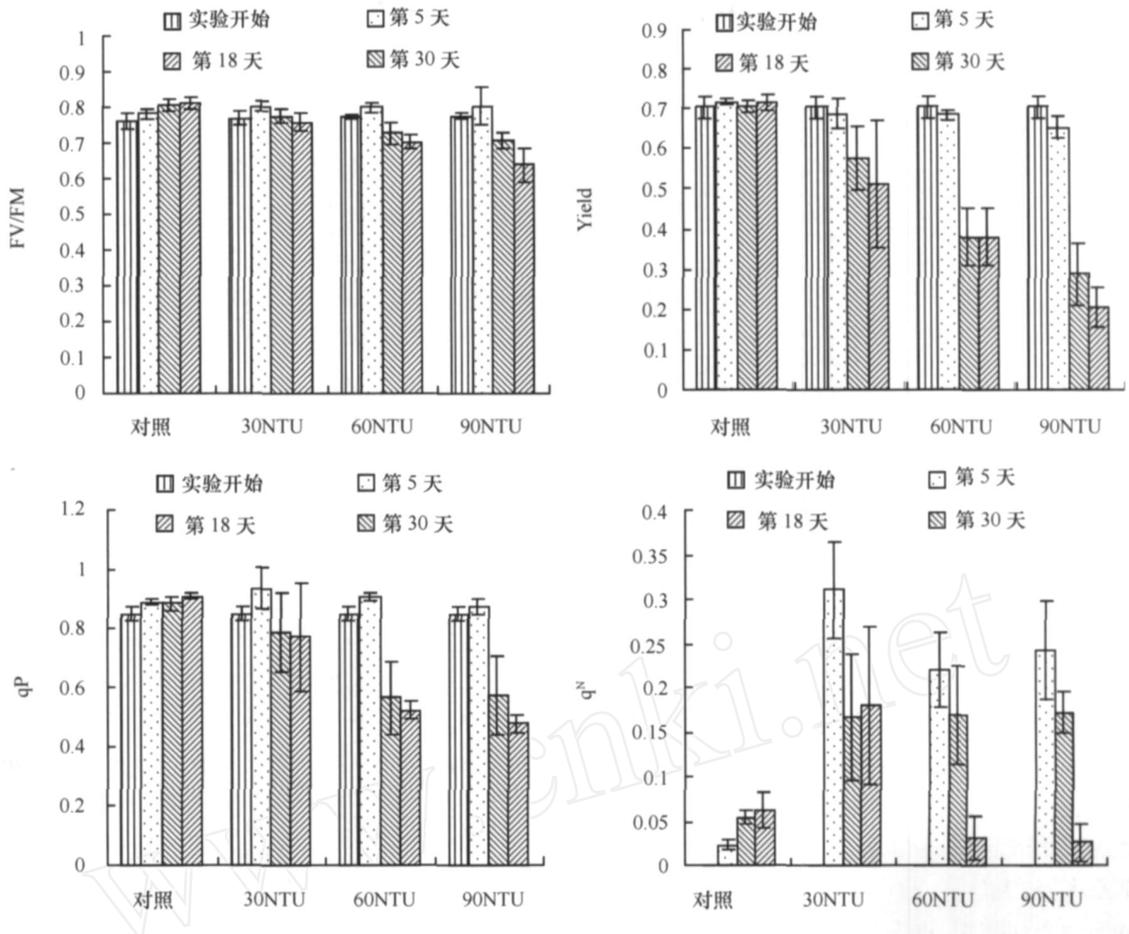


图2 各处理叶绿素荧光参数变化

Fig. 2 The changes of the parameters of chlorophyll fluorescence in each treatment

化,各泥沙处理组 q^N 值则迅速下降;至实验第 30 天,30NTU 组 q^N 值未再有下降,而 60NTU、90NTU 组 q^N 值继续下降,分别比第 18 天时的值下降了 62.4%、60.1%,而 30NTU 组则上升了 4.1%。

2.4 各处理亚洲苦草幼苗叶片的快速光响应曲线

悬浮泥沙对苦草幼苗叶片光合作用影响,还主要体现在叶片对光的响应能力上。在光响应曲线中,刚开始几分钟光照时间内的曲线变化具有重要的决定意义^[14]。快速光响应曲线(RLC)为电子传递速率随光强的变化曲线,测定快速光响应曲线以确定苦草幼苗叶片的实际光化学效率。如图 3 所示,实验开始时各处理组苦草幼苗叶片的最小饱和光强皆为 $104\mu\text{mol quanta}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$,最大 ETR 为 $4.95\mu\text{mol electron}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 。由图 4 可见,到实验结束时,悬浮泥沙对苦草幼苗植株光响应曲线的影响极为显著($p < 0.01$)。随发育程度的增加,对照组最小饱和光强及最大 ETR 分别上升到 $248\mu\text{mol quanta}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 、 $6.67\mu\text{mol electron}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$;30NTU 组最小饱和光强也上升到 $176\mu\text{mol quanta}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$,而

60NTU、90NTU 组则下降到只有 $17\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$,三者最大 ETR 较之对照组分别下降了 50.2%、81.1%、85.6%。表明,悬浮泥沙使植株的光合作用能力显著下降;泥沙浊度越高、时间越长,下降越明显。

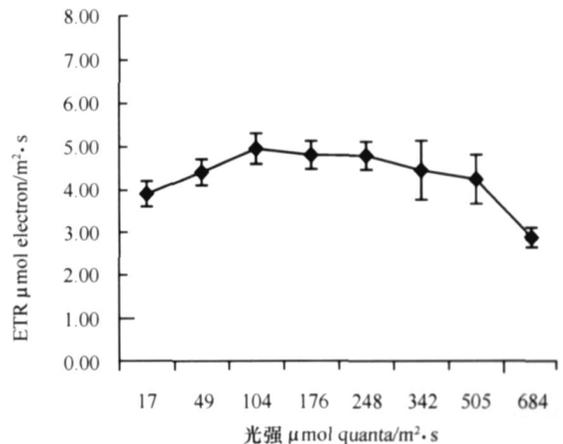


图3 实验开始时各处理平均快速光响应曲线

Fig. 3 The average rapid-light curves in each treatment at the beginning of experiment

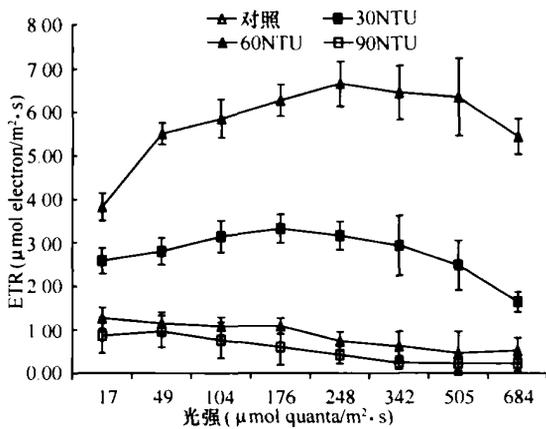


图4 实验第30天各处理平均快速光响应曲线

Fig. 4 The average rapid-light curves in each treatment 30 days later

3 讨论

在悬浮泥沙含量较高的水体中,一方面悬浮颗粒阻碍光在水体中的穿刺,水体透明度低,水下光照弱;另一方面悬浮物沉积在叶片表面上后,削减了进行光合作用的光,并可能导致植株与水体间气体交换和营养物质交换的改变,不利于沉水植物的生长,进一步影响植株的光合作用^[5]。实验期间,每天分别于早晨8:00和下午13:00测定对照和实验水体各水位处的光照强度,并与水面的光强相比,得到图5。光照是地球上所有生物得以生存和繁衍的最基

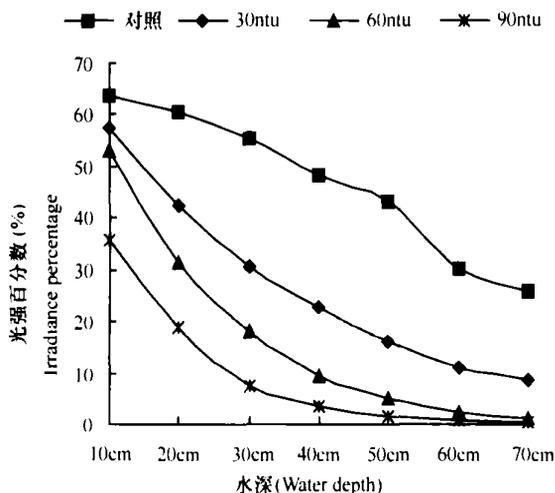


图5 各处理不同水深光强/全光强的百分数

Fig. 5 The irradiance/whole irradiance percent of different depth in each treatment

本的能量源泉,光在水体中的穿透性限制着水生植物的生长繁殖^[1]与分布。制约沉水植物生长的重要限制因子可能是有效光强^[2];植物的光补偿点常常占全光照的1%—3%^[15]。由图5可知,在30NTU、

60NTU和90NTU水体中,光强衰减快;到水下60cm时,水下光强分别为水面光强的10.9%、2.5%和0.6%(<1%)。在60NTU和90NTU实验水体中的苦草幼苗所处水位的光强可能未达其光补偿点。根据幼苗死亡率、株高和生物量的统计发现,泥沙对于幼苗生长发育和存活影响显著。在短时间内(5d左右)泥沙对于亚洲苦草幼苗的存活、生长发育无显著影响($p > 0.05$)。随水体浊度增加和时间延长,死亡率显著增加,浊度为60NTU的水体,30d后幼苗的死亡率超过90%;幼苗的株高和生物量也显著低于对照,悬浮泥沙对幼苗的影响达显著水平。

悬浮泥沙对亚洲苦草幼苗生长发育的影响,也体现在其对光合作用的影响上。叶片叶绿素荧光与光合作用中各种反应过程密切相关,任何环境因子对光合作用的影响都可通过叶片叶绿素荧光动力学反映出来^[16]。PS 的光化学效率是表明光化学反应状况的一个重要参数,在低光强下,实际光化学效率的高低直接决定叶片光合速率的高低^[17]。Fv/Fm 是PS 最大光化学量子产量,反映PS 反应中心内禀光能转换效率或称最大PS 的光能转换效率。非胁迫条件下该参数的变化极小,胁迫条件下该参数明显下降^[18]。在 $30\mu\text{mol photon/m}^2\cdot\text{s}$ 的低光化光照射下,实验第5天各泥沙处理组Fv/Fm、Yield、 q^P 值与对照相比差异不显著, q^N 值差异显著,说明各泥沙处理组幼苗均出现低光胁迫,但植株通过增加热耗散从而保护PS 免受伤害;随着时间的延长,第18天各泥沙处理组Fv/Fm、Yield、 q^P 值与对照相比显著降低,同时热耗散也显著下降,说明此时亚洲苦草幼苗叶片的光合结构PS 已受到损坏,光保护能力显著下降;第30天,这一现象愈加明显;此时各泥沙处理组最小饱和光强及最大ETR显著低于对照,光合作用能力下降显著,这也与各泥沙处理组亚洲苦草幼苗的死亡情况相对应。亚洲苦草幼苗叶绿素荧光的变化说明其在含泥沙水体生长后,若水体突然变清,光照迅速增加,植物光合作用可能出现光抑制或光破坏。

综上所述,在浅水水体中(水深70cm),悬浮泥沙对亚洲苦草幼苗的生长有显著影响。在混浊水体中,由于光照减弱,亚洲苦草幼苗的生长发育受到明显的抑制,光合结构PS 易受损;光合作用能力随水体浊度增加和时间延长(18d)迅速降低。特别是在60NTU和90NTU的水体中,幼苗所处水位的光强低于全光强的3%,悬浮泥沙对幼苗叶片PS 荧光特性和光合作用的影响显著,幼苗不易存活。因

而,利用苦草幼苗在含泥沙水体中进行修复、重建时,需控制水体的泥沙含量和水位,光强不低于全光强的 10%,满足一定存活率的条件下,保证幼苗的光合作用和生长发育的正常。若植株受到泥沙较长时间胁迫后,不要突然使水体变清,以免植株出现光抑制和光破坏现象,从而加速其死亡。

但是,关于悬浮泥沙对亚洲苦草幼苗生长发育的影响还需放在一较长的时间尺度上进行讨论,悬浮泥沙对亚洲苦草的萌发、不同发育阶段幼苗的生长发育、成株代谢及繁殖等的影响尚需作进一步的探讨。

参考文献:

- [1] You W H, Song Y C. Seed germination ecology of three submerged macrophytes in Dianshan Lake [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1995, 6(2): 196—200 [由文辉, 宋永昌. 淀山湖 3 种沉水植物的种子萌发生态. 应用生态学报, 1995, 6(2): 196—200]
- [2] Spence D N H. The zonation of plants in freshwater lakes [J]. *Adv. Ecol. Res.*, 1982, 12: 37—125
- [3] Davis G J, Brinson M M. Responses of submersed vascular plant communities to environmental change [J]. *FWS/OBS-79/33*, 1980, 70
- [4] Barko J W, Adame M S, Clesceri N L. Environmental factors and their consideration in the management of submersed aquatic vegetation: A review [J]. *Aquat. Plant Manage.*, 1986, 24: 1—10
- [5] Korschgen C E, Green W L, Kenow K P. Effects of irradiance on growth and winter bud production by *Vallisneria spiralis* and consequences to its abundance and distribution [J]. *Aquatic Botany*, 1997, 58: 1—9
- [6] Schreiber U, Bilger W, Neubauer C. Chlorophyll fluorescence as a noninvasive indicator for rapid assessment of *in vivo* photosynthesis [J]. *Ecol Studies*, 1994, 100: 49—70
- [7] Franklin L A. The effects of temperature acclimation on the photoinhibitory responses of *Ulva rotundata* [J]. *Blid Planta*, 1994, 192: 324—331
- [8] Schreiber U, Schliwa U, Bilger W. Continuous recording of photochemical and non-photochemical chlorophyll fluorescence quenching with a new modulation fluorometer [J]. *Photosynth Res.*, 1986, 10: 51—62
- [9] Bolhar-Nordenkamp H R, Long S P, Baker N R, et al. Chlorophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation [J]. *Funct Ecol.*, 1989, 3: 497—514
- [10] Krause G H, Weis E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics [J]. *Ann Rev Plant Physiol*, 1991, 42: 313—349
- [11] Yan S Z. Illustration of Aquatic Botany [M]. Science Press. 1983, 237—238 [颜素珠. 中国水生高等植物图说. 科学出版社. 1983, 237—238]
- [12] Bilger W, Björkman O. Role of the xanthophyll cycle in photoprotection elucidated by measurements of light-induced absorbance changes, fluorescence and photosynthesis in leaves of *Hedera canariensis* [J]. *Photosynth Res.*, 1990, 25: 173—185
- [13] Schreiber U, Bilger W. Chlorophyll fluorescence: New instruments for special application [A]. In: Schulze E-Dand, Caldwell M M (Eds.), *Ecophysiology of photosynthesis* [C]. Berlin: Springer Verlag. 1994, 147—150
- [14] Schreiber U, Cademann R, Ralph P J, Larkum A W D. Assessment of photosynthetic performance of *Prochloron* in *Lissoclinum patella* in hospite by chlorophyll fluorescence measurements [J]. *Pl Cell Physiol*, 1997, 38: 945—951
- [15] Li W, Zhong Y. Theory and method of aquatic botany research [M]. Wuhan: Central China Normal University Press. 1992, 4 [李伟, 钟扬. 水生植被研究的理论和方法. 武汉: 华中师范大学出版社. 1992, 4]
- [16] Hui H X, Xu X, Li Q R. Exogenous betaine improves the photosynthesis of *Lycium barbarum* under salt stress [J]. *Acta Bot. Boreal. - Occident. Sin.*, 2003, 23(12): 2137—2422 [惠红霞, 许兴, 李前荣. 外源甜菜碱对盐胁迫下枸杞光合功能的改善. 西北植物学报, 2003, 23(12): 2137—2422]
- [17] Yu S W, Tang Z C. Plant physiology and molecular biology [M]. Beijing: Science Press. 1998, 262—267 [余叔文, 汤章成. 植物生理与分子生物学. 北京: 科学出版社. 1998, 262—267]
- [18] Zhang S R. A discussion chlorophyll fluorescence kinetics parameters and their significance [J]. *Chinese Bulletin of Botany*, 1999, 16(4): 444—448 [张守仁. 叶绿素荧光动力学参数的意义及讨论. 植物学通报, 1999, 16(4): 444—448]

INFLUENCE OF SUSPENDED SUBSTANCE ON GROWTH OF THE SEEDLINGS OF VALLISNERIA ASIATICA MIKI L.

WANG Wen-Lin , WANG Guo-Xiang , LI Qiang , MA Ting and PAN Guo-Quan

(Jiangsu Key Laboratory of Environmental Change and Ecological Construction , College of Geographical Science ,
Nanjing Normal University , Nanjing 210097 , China)

Abstract : The seedlings of *Vallisneria asiatica* Miki L. were planted in the turbid water with different turbidities of 30NTU , 60NTU and 90NTU which was caused by suspended substance. The growth of the seedlings of *Vallisneria asiatica* Miki L. in each treatment was investigated. Photosystem II (PS II) photochemical efficiency (Fv/ Fm ratio) , actual photochemical efficiency (Yield) , photochemical quenching (q^P) , non-photochemical quenching (q^N) , electron-transport rate (ETR) and rapid-light curves were measured by submersible , pulse-amplitude modulated (PAM) fluorometer: Diving-PAM. The result showed that in the fifth day , survival , growth and photosynthesis of the seedlings of *Vallisneria asiatica* Miki L were not influenced markedly ($p > 0.05$) , the seedlings of *Vallisneria asiatica* Miki L. protected PS II by increasing heat dissipating. Survival , growth and photosynthesis of the seedlings of *Vallisneria asiatica* Miki L were influenced markedly ($p < 0.05$) after 30 days , the growth of the seedlings of *Vallisneria asiatica* Miki L. in 30NTU treatment was restrained markedly , but it could remain definite survival. However , 60NTU and 90NTU went against the survival of the seedlings of *Vallisneria asiatica* Miki L. Fv/ Fm , Yield , q^P , maximum ETR of 30NTU , 60NTU and 90NTU were less than those of the control group markedly ($p < 0.05$) , the minimum saturating irradiance of 30NTU was $176\mu\text{mol quanta}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$, but 60NTU and 90NTU was only $17\mu\text{mol quanta}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$, all of these were less than the control group which was $248\mu\text{mol quanta}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$.

Key words : Suspended substance ; Seedling of *Vallisneria asiatica* Miki L. ; Growth ; Photosynthesis fluorescent parameters