

文章编号: 1004-8227(2010)04-0383-06

崇明东滩围垦芦苇生长、繁殖和生物量分配对大气温度升高的响应

石冰^{1,2}, 马金妍^{1,2}, 王开运^{1,2*}, 巩晋楠^{1,2}, 张超^{1,2}, 刘为华^{1,2}

(1. 华东师范大学上海市城市化生态过程与生态恢复重点实验室, 上海 200062;

2. 华东师范大学资源与环境科学学院, 上海 200062)

摘要: 应用开顶式生长室(OTCs)模拟增温试验,研究了上海市崇明岛东滩湿地围垦区芦苇的生长、繁殖和生物量分配对温度升高的响应。结果表明:温度升高使株高显著增加,但对茎粗的影响不明显。与对照相比,升温显著增加了叶长、叶宽、叶面积;但却显著减少了叶面积比率(LAR)和比叶面积(SLA),对叶长/叶宽、叶质比(LMR)无显著影响。研究发现,升温使开花个体数、开花率、花序高、花颈长、花数以及种子数量均显著减少,对芦苇的繁殖起到抑制作用。此外,升温时地上部分各层生物量显著增加,而且从下到上增加程度逐渐增大;根、茎、叶的生物量显著增加;花的生物量显著减少。升温对根各层生物量影响不同,上层生物量显著增加,中层显著减少,下层变化不明显。进一步研究表明,升温使根和花生物量占总生物量的比例显著下降,茎和叶生物量所占比例显著升高。

关键词: 温度升高; 芦苇; 生长; 繁殖; 生物量

文献标识码: A

全球气候变化已经成为不容置疑的事实^[1]。根据IPCC(2007)第四次评估报告预测,从现在开始到2100年,全球平均气温将升高1.4~4.0℃^[2]。温度升高对植物的影响可分为直接和间接两种作用^[3,4]。首先,升温将直接改变植物的光合能力和生长速率^[5],从而改变植物的物候^[6],并延长植物的生长期^[7]。间接的影响主要包括改变土壤含水量和对营养物质的利用,因此植物的生长^[8],生物量生产及分配^[9]也将随之发生改变。

上海市崇明东滩属于湿地生态系统,湿地是由水陆相互作用形成,具有独特的物理、化学和生物学结构和功能,对气候变暖的响应必定有别于其他系统^[10],因此温度升高对湿地植物的影响必定也与其他环境中的植物不同。近几年东滩湿地进行了围垦,湿地围垦是在人为干预下使湿地面积缩小,迅速改变湿地的水热状况和原始湿地的理化性质^[11]。目前芦苇物候对气候变化的响应也有了一定的研究^[12],但是湿地围垦区芦苇的生长和繁殖对温度升

高的响应研究还不够充分。本研究采用开顶式生长室(OTCs)模拟增温的方法,研究了温度升高条件下围垦芦苇生长、繁殖和生物量分配的变化趋势和规律,对于预测未来气候变化条件下湿地植物的生长状况,群落结构和植被生产力变化具有重要参考价值。

1 材料与方法

1.1 研究区域及对象

本研究地点位于上海市崇明岛东滩湿地公园(121°45'E, 31°30'N),东滩湿地属于北亚热带海洋气候,年平均气温15.3℃,年平均降水1117.1mm,是长江口规模最大、发育最完善的河口型湿地。本实验的研究对象是长江口湿地中分布最广、数量最多的一种高等植物:芦苇(*Phragmites australis*)。芦苇在滩涂湿地中一般仅分布于高潮区,优势芦苇群落高度为2~3m,盖度在80%以上。

收稿日期: 2009-03-30; 修回日期: 2009-07-14

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(90511608); 国家“十一五”科技支撑计划重大项目(2006BAC01A14); 上海市科委重大项目(07DZ12037); 中法国际合作资助项目(063907040)

作者简介: 石冰(1984~),男,河北省柏乡人,硕士研究生,主要从事植物生态学研究。E-mail: shibingxin2005@163.com

* 通讯作者 E-mail: kywang@re.ecnu.edu.cn

1.2 实验设计

2008 年 2 月底,在崇明岛东滩湿地围垦区芦苇群落建立了 8 个 OTC,OTC 的底面为 11 边形,边长 1 m,高 2.5 m,底面积为 10 m²,去除 OTC 内走廊及支撑物的面积后为芦苇的生长面积:8.37 m²。基于生长季节的环境变量监测数据分析表明,OTC 内离地面高 1.2 m 处的空气平均温度升高了 2.6 (±0.8) °C(图 1),离地面高 30 cm 处的空气平均温度升高了 3.4(±0.9) °C,而土壤温度平均升高 1.2 (±0.6) °C。这说明本研究所采用的开顶式生长室起到了升温的作用。由于 OTC 玻璃壁的阻挡作用,室内风速降低、空气湍流减弱,使热量不易散失,起到了聚热作用;加之玻璃纤维被太阳辐射中红外线穿透的能力较好,所以 OTC 内温度升高成为了必然。

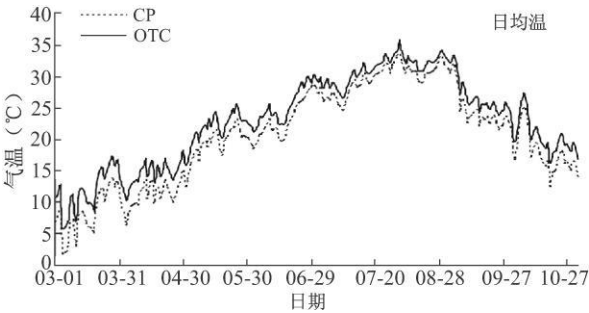


图 1 OTC 和对照区(CP)的日平均气温变化
(2008-03-01~ 2008-11-01)

Fig. 1 Changes of Daily Mean Temperature in OTC and CK (Mar. 1~ Nov. 1)

本实验设有两个处理: ①正常温度条件下作为对照(CP), ②温度升高处理(环境温度+ 2.4(±0.8) °C,ET)。试验材料为东滩湿地围垦区的芦苇,选取其中 4 个 OTC 作为平行,然后选取 OTC 外的 4 个样地作为对照。实验处理时间是从 2008 年 3 月芦苇开始发芽至 11 月。试验地区的土壤条件:全氮含量 0~ 20 cm 为 1.511 g/kg, 20~ 40 cm 为 1.508 g/kg, 40~ 60 cm 为 1.484 g/kg,有机质含量为 2.272%, pH 值是 7.53,土壤容重为 1.66 g/cm³,土壤平均含水量为 43.27% Vol,电导率 ECp 为 2.97 ms/cm,介电常数 εb 为 45.9。

1.3 样品采集与测定

2008 年 11 月对 OTC 内以及对照样地中芦苇的地上部分采取全收获性取样,并将茎和叶分开,地下部分采取 0.3 m×0.3 m 取样,挖出根部,洗去根系的泥土。植物的生长包括营养生长和生殖生长,营养生长包括地上部分生长(茎生长和叶生长)和根

的生长。芦苇地上部分生长状况的测定项目包括:密度、株高、茎粗(近地面芦苇茎的直径)、株高/茎粗(H/D);叶数(每株芦苇平均叶片数量)、叶间距(相邻叶片间茎的长度)、叶片高度(叶片基部距地面的距离)、底叶高度(与地面最近的那片叶子距地面的距离)、叶长、叶宽(叶片最宽处的宽度)、叶长/叶宽、叶面积、叶面积比率(LAR)、叶质比(LMR)和比叶面积(SLA)。叶面积的测定采用 CI-203 激光叶面积仪。

芦苇的繁殖状况通过花的性状包括开花个体数、开花率、花序高、花颈长、花序轮数、花数,以及种子数量来反应。开花个体数是指单位面积内(m²)开花的芦苇株数,开花率是开花个体数与单位面积内总个数的比值。花序高是花序基部至花朵最高处的长度,花颈长是花序基部至茎最上一叶的长度。花序上相邻的小枝组成的一圈称为一轮,整个花序上的轮数是花序轮数,花数是指每轮上的小花数,种子数量是每朵小花上种子的数量。

芦苇的地上部分(不包括花)60 cm 为一层,共分 4 层:0~ 60 cm, 60~ 120 cm, 120~ 180 cm, 180 cm 以上;地下部分(根)20 cm 为一层,共分 3 层:0~ 20 cm(上层), 20~ 40 cm(中层), 40~ 60 cm(下层)。分别测定每层每部分的生物量。生物量(以单位面积的干重表示)的测定,是将所采的样品先在 105 °C 下杀青 15~ 30 min,然后在 65 °C 下连续烘干,至恒重称其干重。

1.4 计算与统计分析

生长指标中叶面积比率(LAR)、叶质比(LMR)和比叶面积(SLA)按下列公式来计算:

(1) $LAR = L/M$, (2) $LMR = M_L/M$, (3) $SLA = L/M_L$, 因此, (4) $LAR = LMR * SLA$

式中: M 为植株干质量(g); L 为叶面积(dm²); M_L 为叶干质量(g)。

不同温度处理对芦苇生长、繁殖以及生物量分配各指标的影响采用单因素方差分析(one-way ANOVA)进行比较,以确定处理间是否存在显著差异。

2 结果与分析

2.1 温度升高对芦苇茎生长状况的影响

通过比较两种温度处理,发现温度升高对密度和株高都有显著影响,分别增加了 16.9%, 13.9%(表 1)。种内竞争的影响受密度制约,在单种种群

中,竞争者越多,竞争对个体的影响也会越大^[13]。温度升高使芦苇密度增大,种内竞争对芦苇的影响也会增加。Berkowitz(1988)^[14]发现植物高度和光

竞争能力之间存在显著的正相关,因此升温使芦苇株高增加,不仅对芦苇的生长有利,而且还有利于光竞争能力的提高。

表 1 温度升高对茎和叶生长的影响

Tab. 1 Effects of Elevated Temperature on Growth of Stem and Leaf								
温度	密度(株/m ²)	株高(cm)	茎粗(mm)	H/D* 10 ²	叶数	叶片高度(cm)	叶间距(cm)	底叶高度(cm)
ET	187±21a	134.0±33.2a	5.36±0.95a	3.41±0.55a	9±2a	89.5±25.2a	6.7±4.9a	59.8±18.9a
CP	160±11b	117.6±29.9b	5.03±0.99a	3.06±0.40b	8±2a	74.0±23.6b	5.9±3.5a	42.9±17.6b

注:数据为平均值±标准误差,不同小写字母表示显著差异($P < 0.05$)。

研究还发现,温度升高对茎粗的影响不显著,这表明升温可以促进芦苇茎的径向生长,但是对横向生长影响不明显。禾本科植物茎的伸长是依靠茎顶端分生细胞的分裂,加粗是形成层细胞分裂的结果^[15]。升温对径向和横向生长的影响不同,可能是由于茎顶端分生组织和形成层细胞对升温的响应和敏感性的不同。为了便于数据的比较,将株高/茎粗(H/D)再乘以 10^{-2} ,温度升高时H/D的显著增加,反应了株高和茎粗的变化程度不同。这种变化的不同对芦苇的生长是不利的。株高增加,而茎粗没有相应增加,这会使芦苇的茎生长不够健壮,甚至会易倒伏。

2.2 温度升高对芦苇叶生长状况的影响

与对照相比,升温使叶片高度显著增加,但对叶片数量的影响并不明显(表1)。在叶片数量变化不

显著的情况下,株高的增加有两种可能的情况:一种是叶片高度增加,但是叶间距不变,那么底叶高度必然增加;另一种是叶片高度增加,叶间距也增大。为了确定株高增加的具体方式,我们继续研究了升温对叶间距和底叶高度的影响。结果发现,升温时叶间距变化不明显,而底叶高度却显著增加了,这个结果证实了前一种可能性。即株高增加时,叶间距并没有发生显著变化。

由表2可知,温度升高使叶长、叶宽显著增加,但是对叶长/叶宽影响不显著,这表明升温改变的仅仅是叶片的大小,而不改变叶片的基本形状,保持了横向和径向的比例。研究表明,升温使芦苇叶面积明显增加,这有助于提高芦苇的竞争能力,因为具有较大叶面积的植物常常具有竞争优势,通常可以竞争过叶面积较小的植物^[16]。

表 2 温度升高对叶生长的影响

Tab. 2 Effects of Elevated Temperature on Growth of Leaf							
温度	叶长(cm)	叶宽(cm)	叶长/叶宽	叶面积(cm ²)	LMR(g/g)	SLA(dm ² /g)	LAR(dm ² /g)
ET	22.4±6.9a	1.51±0.46a	14.9±3.2a	22.8±11.0a	0.31±0.02a	1.05±0.09a	0.32±0.02a
CP	20.6±6.8b	1.38±0.42b	15.0±3.7a	19.3±9.8b	0.34±0.05a	1.38±0.15b	0.46±0.09b

注:数据为平均值±标准误差,不同小写字母表示显著差异($P < 0.05$)。

研究发现,升温对芦苇叶质比(LMR)的影响不显著,但是对比叶面积(SLA)有显著的影响,表现为SLA值随温度升高而明显降低(表2)。SLA为每增加一个单位叶干质量会增加多少叶面积^[17]。SLA的降低表明升温时每增加一单位叶生物量,将生物量转化为叶面积的比率会下降。高温使作物光合作用速率升高,蒸腾速率下降和气孔阻力增加,对提高单位叶面积的干物质质量(1/SLA)有利^[18],从而导致SLA的降低。由式(4)和上述结果,SLA随升温而下降,LMR变化不显著,必然导致芦苇叶面积比率(LAR)值下降,这与本实验测定的结果一致(表2)。

2.3 温度升高对芦苇繁殖状况的影响

对比两种温度处理,芦苇开花个体数和开花率

的差异均达到显著水平,并随着温度升高而减少,分别减少了37.5%,83.4%(表3)。这表明温度升高抑制了花的分化发育。一方面,温度是控制植物由营养生长向生殖生长转变的临界因子(Critical Factor)^[19],低温可以通过抑制营养生长来促进植物开花^[20],而温度升高却促进了营养生长,抑制了营养生长向生殖生长的转变。另一方面,高等植物的开花可分为成花诱导,花的发端和花器官的形成等过程,其中成花诱导过程是花的发端和花器官形成的基础^[21];温度升高阻碍了成花诱导,就会使开花个体数和开花率降低。升温对成花诱导的抑制作用,可能与内部代谢活动的快慢或者代谢物质的多少有关^[22]。

表 3 温度升高对花的性状和种子数量的影响

Tab.3 Effects of Elevated Temperature on Flower Traits and Seed Number

温度	开花个体数(株/m ²)	开花率(%)	花序高(cm)	花颈长(cm)	花序轮数(轮)	花数(朵/轮)	种子数量(个/朵)
ET	20±6a	10.8±3.8a	13.9±2.1a	2.5±1.2a	11±2a	19±8b	3±1a
CP	32±5b	19.9±2.7b	16.4±3.8b	3.5±0.8b	12±2a	27±9a	4±1b

注:数据为平均值±标准误差,不同小写字母表示显著差异($P < 0.05$).

研究表明,温度升高使花序高、花颈长、花数分别显著减少了 18.0%、40.0%、42.1%(表 3)。这说明升温不仅仅阻碍成花诱导,还抑制了花器官的形成。对大多数作物而言,种子产量的增加主要通过种子数量的增加,而与种子大小变化关系不大^[23],温度升高使芦苇种子数量显著减少,应该也会减少芦苇的种子产量。升温减少种子数量,是由于升温对花器官尤其是对雌蕊和雄蕊分化起到了抑制作用^[24]。因此,温度升高对开花的抑制作用既表现在开花数量上,又表现在形状大小上。

2.4 温度升高对芦苇生物量分配的影响

对比不同温度处理发现,温度升高使芦苇地上部分各层(0~ 60、60~ 120、120~ 180、> 180 cm)的生物量均比对照显著增加,分别增加了 27.9%、36.6%、38.2%、41.4%(图 2),而且是随温度升高从下到上生物量增加的程度越来越大,并在 180 cm 以上达到最大。原因在于,从地面到冠层,芦苇绿叶的数量越来越多,接受光的照射量也越来越多,光合作用逐渐增强,光合产量也相应增加。

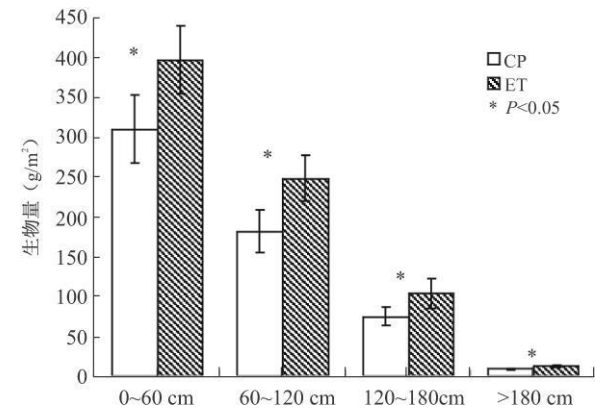


图 2 升温对地上部分各层生物量的影响

Fig.2 Effects of ET on Biomass of Different Layers in Aerial Part

由图 3 可知,温度升高对芦苇根各层生物量的影响并不相同,其中上层(0~ 20 cm)和中层(20~ 40 cm)生物量变化明显,而下层(40~ 60 cm)变化不显著,上层生物量与对照相比增加了 35.9%,中层与对照相比却减少了 23.0%。这是由于上层根系的

活动与芦苇生长发育关系更为密切,升温对这一层根系影响较大,对下层根系影响很小。较高的温度可以促进分解,增加土壤养分,从而有利于根的生长^[25]。根上层生物量的增加一部分来自于温度升高的影响,另一部分很可能来自于中层生物量的减少。

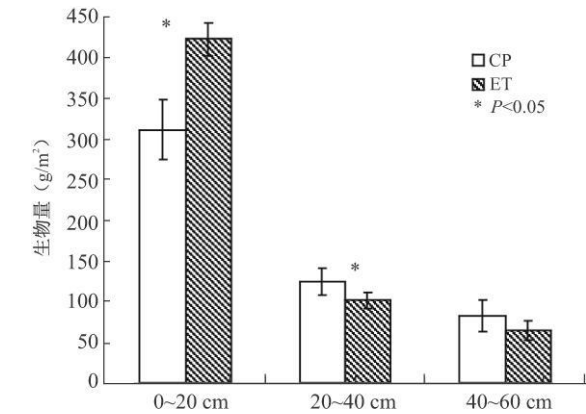


图 3 升温对根各层生物量的影响

Fig.3 Effects of ET on Biomass of Different Layers in Root

虽然温度升高对根系各层生物量的影响并不相同,但是根的总生物量还是随着温度升高而显著增加(图 4)。结果表明,升温对茎和叶的生物量影响显著,分别增加了 32.5%和 29.8%。由此可知,地上部分的总生物量(茎+叶)也应该增加。但是温度升高对花生物量的影响却相反,使花生物量显著减少了 63.2%。这可能是由于升温破坏了营养生长和

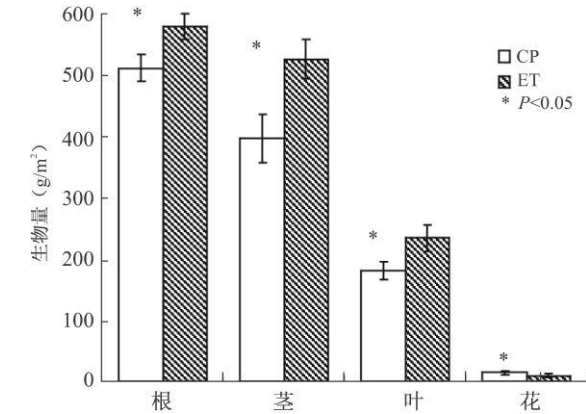


图 4 升温对各器官生物量的影响

Fig.4 Effects of ET on Biomass of Different Organs

生殖生长的平衡和转变关系。研究还发现, 在温度升高时, 根和花生物量占总生物量的比例显著下降, 茎和叶生物量所占比例显著增加(图5)。这说明升温时芦苇体内的物质会由生殖器官向营养器官转移, 地下部分会向地上部分转移。

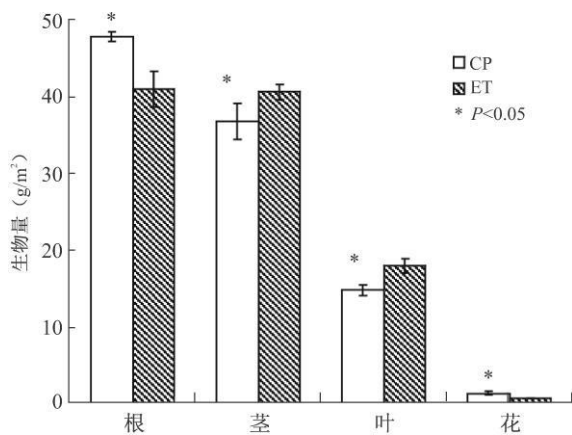


图5 升温对各器官生物量比例的影响

Fig.5 Effects of ET on the Percentage of Biomass of Different Organs

3 结论与讨论

(1) 温度升高对芦苇茎生长的影响具有两面性, 一方面使株高增加, 可以促进芦苇生长; 另一方面, 株高增加同时茎粗没有相应增大, 这对芦苇的生长是不利的。升温对茎横向和径向生长影响不同, 归根结底是对茎形成层和顶端分生细胞影响不同, 但是温度对这两类细胞生长速度影响的机制, 还有待于进一步研究。升温时芦苇株高增加的具体方式为: 在叶片数量和叶间距不变的情况下, 叶片高度包括底叶高度整体增加。这种增加方式对芦苇生长的好处就是, 保证叶片高度随着株高的增加也尽可能的增加, 此时叶片高度的增加也是最大的, 因为叶间距是不会减小的。

(2) 温度升高显著减少了芦苇的开花数量, 这与 CO_2 浓度升高对开花数量的影响不同。Jablonski 等^[26]通过对 79 种植物开花数量的研究发现, 在高 CO_2 浓度条件下, 大多数植物的开花数量增多。升温对花分化发育的抑制机理目前有了一定的研究。一方面, 升温对成花的抑制作用可能与 GA ^[27]、内源腐胺(Put)和内源 IAA 水平变化^[28], 或者苯丙烷类物质^[29]有关。另一方面, 低温使成花抑制因子消失^[30], 升温将促进成花抑制因子发挥作用。升温

对芦苇成花的抑制作用与上述机理是否有相似之处, 还有待于深入的研究。

(3) 综上所述, 温度升高对芦苇营养生长的促进作用较大, 但是对生殖生长尤其是有性生殖有较大的抑制作用, 这对后代是不利的。从进化上来说, 有性生殖可以综合整个群体内所有有利变异作为进化的基础, 是以整个群体作为进化单位。升温对有性生殖的抑制作用将会影响芦苇种群的延续、繁荣和进化速度。

参考文献:

- [1] ORESKES N. The scientific consensus on climate change[J]. Science, 2004, 306(5702): 1686.
- [2] IPCC. Climate Change 2007: The Physical science basis[R]. The Fourth Assessment Report of Working Group. Cambridge: Cambridge Univ Press, 2007.
- [3] JONASSON S, MICHELSEN A, SCHMIDT I K, et al. Responses in microbes and plants to changed temperature, nutrient, and light regimes in the arctic[J]. Ecology, 1999, 80: 1828 ~ 1843.
- [4] RUSTAD L E, CAMPBELL J L, MARION GM, et al. A meta analysis of the response of soil respiration, net nitrogen mineralization, and aboveground plant growth to experimental ecosystem warming[J]. Oecologia, 2001, 126: 543~ 562.
- [5] KLANDERUD K, TOTLAND O. Simulated climate change altered dominance hierarchies and diversity of an alpine biodiversity hotspot[J]. Ecology, 2005, 86: 2047~ 2054.
- [6] WALTHER G R, BEISSNER S, BURGA C A. Trends in the upward shift of alpine plants[J]. Journal of Vegetation Science, 2005, 16: 541~ 548.
- [7] HILLIER S H, SUTTON F, GRIME J P. A new technique for experimental manipulation of temperature in plant communities[J]. Functional Ecology, 1994, 8: 755~ 762.
- [8] HENRY G H R, MOLAU U. Tundra plants and climate change: the international tundra experiment (ITEX)[J]. Global Change Biology, 1997, 3: 1~ 9.
- [9] SPRING GM, PRIESTMAN G H, GRIME J P. A new field technique for elevating carbon dioxide levels in climate change experiments[J]. Functional Ecology, 1996, 10: 541~ 545.
- [10] 孟宪民. 湿地与全球环境变化[J]. 地理科学, 1999, 19(5): 385~ 390.
- [11] 何小勤, 顾成军. 崇明湿地围垦与可持续发展研究[J]. 国土与自然资源研究, 2003(4): 39~ 40.
- [12] 李荣平, 刘晓梅, 周广胜. 盘锦湿地芦苇物候特征及其对气候变化的响应[J]. 气象环境学报, 2006, 22(4): 30~ 34.
- [13] WATKINSON A R. Density dependence in single species populations of plants[J]. Journal of Theoretical Biology, 1980, 83: 345~ 357.
- [14] BERKOWITZ A R. Competition for resources in weed-crop mixtures[C]//ALTIERI M A, LIEBMAN M, eds. Weed management in agro ecosystems: An ecological approach. Florida: CRC Press, 1988: 89~ 119.

[15] 陈阅增. 普通生物学——生命科学通论[M]. 北京: 高等教育出版社, 1997: 149~ 153.

[16] 李 博. 植物竞争——作物与杂草相互作用的实验研究[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001: 9~ 12.

[17] 乔匀周, 王开运, 张远彬. CO₂ 浓度升高对两个种植密度下红桦生长和养分含量的影响[J]. 生态学杂志, 2007, 26 (3): 301~ 306.

[18] 王 静, 方 锋, 尉元明. 大气 CO₂ 浓度增加对植物生长的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(4): 229~ 233.

[19] BATTEY N H. Regulation of flowering in perennial crops [J]. J Exp Bot, 1996, 47 (supp): 12~ 26.

[20] 王利琳, 庞基良, 胡江琴, 等. 温度对植物成花的影响[J]. 植物学通报, 2002, 19(2): 176~ 183.

[21] 雍伟东, 种 康, 许智宏, 等. 高等植物开花时间决定的基因调控研究[J]. 科学通报, 2000, 45(5): 455~ 466.

[22] 黄胜琴, 郭建军, 叶庆生, 等. 温度对蝴蝶兰成花诱导的研究初探[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2003, 42(4): 132~ 134.

[23] 滕年军, 陈 彤, 林金星. 植物有性生殖对大气 CO₂ 浓度变化响应的研究进展[J]. 植物生态学报, 2006, 30(6): 1 054~ 1 063.

[24] 沈革志, 杨红娟, 张永春, 等. 百合不同品种的花芽分化观察及切花评价[J]. 上海农业学报, 1999, 15(2): 65~ 69.

[25] 张小全. 环境因子对树木细根生物量、生产与周转的影响[J]. 林业科学研究, 2001, 14(5): 566~ 573.

[26] JABLONSKI L M, WANG X Z, CURTIS P S. Plant reproduction under elevated CO₂ conditions: a meta-analysis of reports on 79 crop and wild species[J]. New Phytologist, 2002, 156: 9~ 26.

[27] LANG A. Physiol of flower initiation[C]//RUHLAND WED. Encyclopedia of Plant Physiol. New York: Springer-Verlag, 1965, 15: 1 379~ 1 586.

[28] MYSTER J, JU NTTILA O, LINDGARD B, et al. Temperature alternation and the influence of gibberellins and dole acetic acid in elongation growth and flowering of Begonia× hiematis Fotsch[J]. Plant Growth Reg, 1997, 21: 135~ 144.

[29] HIRAI N, KU WANO Y, KOJIMA Y, et al. Increase in the activity of phenylalanine ammonialyase during the non photoperiodic induction of flowering in seedlings of morning glory (Pharbitis nil) [J]. Plant Cell Physiol, 1995, 36: 291~ 297.

[30] DEM EULEMEESTER M A C, DE PROFT M P. In vivo and in vitro flowering response of chicory (Cichorium intybus L): influence of plant age and vernalization[J]. Plant Cell Rept, 1999, 18: 781~ 785.

EFFECTS OF ATMOSPHERIC ELEVATED TEMPERATURE ON THE GROWTH, REPRODUCTION AND BIOMASS ALLOCATION OF RECLAMATION PHRAGMITES AUSTRALIS IN EAST BEACH OF CHONGMING ISLAND

SHI Bing^{1,2}, MA Jin-yan^{1,2}, WANG Kai-yun^{1,2}, GONG Jin-nan^{1,2}, ZHANG Chao^{1,2}, LIU Wei-hua^{1,2}
(1. Shanghai Key Laboratory of Urbanization Processes and Ecological Restoration, East China Normal University, Shanghai 200062, China; 2. School of Resources and Environment Sciences, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: A total number of 8 open top chamber (OTC) experiments were carried out in East Beach of Chongming Island of Shanghai in March 2008. The effects of elevated temperature (ET) on the growth, reproduction and biomass allocation of reclamation *Phragmites australis* were examined in November 2008. The results showed that plant height increased significantly, but the stem diameter did not change significantly in response to the ET. Leaf length, leaf width and leaf area increased significantly, the leaf length-width ratio and the leaf mass ratio (LMR) did not change significantly, and the leaf area ratio (LAR), the specific leaf area (SLA) decreased significantly under the ET compared with the control. We found that the individual number of flower, flowering rate, height of inflorescence, length of flower stalk, flower number and seed number deceased significantly under ET. Meanwhile, the ET inhibited *P. australis* reproduction. In addition, the biomass of different layers in aerial part, root, stem and leaf increased significantly, but the biomass of flower reduced significantly under the ET. But the effects of the ET on the biomass of different layers of root were different. The biomass of upper layer increased significantly, the middle layer decreased significantly, and the lower layer did not change significantly. We further found that the proportion root biomass and flower biomass decreased significantly, but the proportion of stem biomass and leaf biomass rose significantly under the ET.

Key words: elevated temperature; *Phragmites australis*; growth; reproduction; biomass