

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201604005

引文格式: 赵相健, 李俊生, 柳晓燕, 等. 刈割加遮荫对互花米草生长和存活的影响 [J]. 广西植物, 2017, 37(3):303-307

ZHAO XJ, LI JS, LIU XY, et al. Combined effects of mowing and shading on growth and survival of *Spartina alterniflora* [J]. *Guihaia*, 2017, 37(3):303-307

## 刈割加遮荫对互花米草生长和存活的影响

赵相健, 李俊生, 柳晓燕, 官璐, 赵彩云\*

(中国环境科学研究院, 北京 100012)

**摘要:** 该研究比较了在5月份实施刈割加不同程度遮荫处理后,互花米草地上部分和地下根茎6个月内的生长与死亡状况。结果表明:(1)单纯刈割处理在前2个月显著降低互花米草株高和生物量等生长指标( $P < 0.05$ ),随后地上部分生长和开花特征逐渐恢复并接近对照水平;而地下根茎存活率一直呈下降趋势;(2)刈割后加不同程度遮荫处理均可以有效抑制互花米草的生长并导致植株死亡,抑制效果显著高于单纯刈割的处理( $P < 0.05$ ),且遮荫程度越高抑制作用越明显。(3)刈割后加1层遮荫、2层遮荫和3层遮荫处理的平均透光率分别为15.27%、2.29%和0.31%,分别于11月份、7月份和7月份时导致互花米草地上部分全部死亡,至11月份时地下根茎存活率分别为3.68%、2.09%和1.70%,接近全部死亡。综合考虑治理费用、治理所需时间和治理效果,刈割后加1层遮荫是经济、有效的控制互花米草的方法。

**关键词:** 互花米草, 刈割加遮荫, 生长, 根茎存活率

中图分类号: Q945 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2017)03-0303-05

## Combined effects of mowing and shading on growth and survival of *Spartina alterniflora*

ZHAO Xiang-Jian, LI Jun-Sheng, LIU Xiao-Yan, GONG Lu, ZHAO Cai-Yun\*

(Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China)

**Abstract:** *Spartina alterniflora*, native to the Atlantic and Gulf coasts of North America, has invaded many estuaries and coasts of the world. Due to its well-developed rhizomes, seedlings usually emerged even the above-ground parts were cleared. So ensuring the death of rhizome is critical to control the weed. We examined the growth and survival rate of both above-ground parts and rhizome of *S. alterniflora* under only mowing and mowing+shading treatments in Guangxi Zhuang Autonomous Region, China. The results were as follows: (1) Plant height and biomass were significantly reduced at early stage after just mowing in May ( $P < 0.05$ ), while all above-ground growth characters increased during the following six months and were closed to the control group in November ( $P > 0.05$ ). However, rhizome survival rate showed contrary trend to the growth characters of above-ground parts. (2) Comparing to control and only mowing groups, the mowing+shading treatment restrained plant growth and resulted in death obviously. And the restraining effect was positively correlated with shading degree. (3) The light transmittances of mowing+single layer shading net, mowing+double layers shading net and mowing+triple layers shading net were 15.27%, 2.29% and 0.31% respectively, and rhizome survival rate were 3.68%, 2.09% and 1.70% in November respectively. Above-ground parts were all dead at November in mowing+single layer shading treatment, while they were all dead at July in mowing+double layers shading treatment and mowing+triple layers shading treatment. Considering the cost, lasting time and efficiency, we suggest that sowing plus single-layer

收稿日期: 2016-06-14 修回日期: 2016-07-06

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFC1201100)[Supported by the National Key Research and Development Program (2016YFC1201100)]。

作者简介: 赵相健(1979-),男,山东济宁人,博士,从事生物入侵研究,(E-mail)zhaoxj@cras.org.cn。

\*通信作者: 赵彩云,博士,副研究员,主要从事生物入侵与生物安全研究,(E-mail)zhaocy@cras.org.cn。

shading treatment could be an effective method of controlling *S. alterniflora* in Guangxi Zhuang Autonomous Region.

**Key words:** *Spartina alterniflora*, mowing plus shading, growth, rhizome survival rate

互花米草 (*Spartina alterniflora*) 入侵到世界很多地区的海岸带上, 不断侵占土著生物群落的生境, 威胁海滨湿地生态系统 (邓自发等, 2006; Li et al, 2009)。为减少该入侵植物的生态危害和防止其继续蔓延, 国内外采用物理、化学和生物防治等方法对其加以管理和防控 (Grevstad et al, 2003; Tang et al, 2009; Yuan et al, 2011; Chen et al, 2014)。其中, 物理方法 (如刈割、翻耕、碎根和水淹等) 一般不会造成环境污染, 对生物种类的影响也较小, 成为治理互花米草的常用方法 (袁琳等, 2008)。

互花米草是一种 C4 植物, 对光照要求高, 遮荫可以显著抑制其生长。苗圃模拟实验表明, 三层遮荫网遮荫处理 1 个月时互花米草实验植株全部死亡 (谷兴华等, 2010)。但在实践中, 互花米草植株坚挺, 野外利用遮荫网进行遮荫会由于受台风和潮汐的影响而难以开展, 而把互花米草地上部分刈割后再进行贴地遮荫可以有效解决这一难题。研究表明, 刈割加遮荫的方法能够显著抑制互花米草地上部分的营养生长和繁殖生长 (赵相健等, 2014)。互花米草具有发达的地下根茎, 在地上部分清除或死亡后, 其地下根茎仍具有很强的萌发新植株的能力 (Major et al, 2003; Gao et al, 2009)。因此, 确定地下根茎的死亡对于互花米草的治理十分关键。目前, 关于刈割加遮荫处理对互花米草地下根茎存活率的影响尚缺乏研究, 限制了该治理方法的实际应用。

不同的遮荫强度影响到互花米草的抑制效果、控制所需持续时间和费用。本研究比较了刈割加不同程度遮荫处理后, 互花米草地上部分生长特征和地下根茎存活率随治理时间延长的变化情况, 探索合适的遮荫强度和治理时间, 为互花米草的控制提供经济、快速、有效的方法。

## 1 研究地区与方法

### 1.1 研究区域概况

本研究在广西北海市铁山港区青山头海滩 (21°28'13" N, 109°27'31" E) 开展, 实验所在地地势较为平坦, 生长着成片的互花米草和小面积的狗牙根 (*Cynodon dactylon*) 以及零星的秋茄 (*Kandilia*

*candel*), 周边未受互花米草入侵的潮间带多为光滩。

### 1.2 实验方法

于 2014 年 5 月, 在互花米草斑块的中位置, 连续设置 15 个 5 m × 5 m 的样方, 进行对照、单纯刈割、刈割后加 1 层遮荫网、刈割后加 2 层遮荫网和刈割后加 3 层遮荫网等 5 种处理, 每种处理 3 个重复。除对照组外, 其它 4 种处理在 5 月份首先对样方内所有的互花米草进行人工刈割, 刈割时保证留茬尽可能低, 以方便遮荫网的贴地覆盖; 刈割后不同遮荫处理组在互花米草刈割后, 分别用 1 层、2 层和 3 层遮荫网进行贴地覆盖, 遮荫网拉紧后固定在插入沙滩的竹竿上。

分别于 2014 年 5 月下旬、7 月中旬、9 月中旬和 11 月中旬, 在每个样方中随机设置 3 个 0.5 m × 0.5 m 的小样方, 即每次测量时设置 45 个小样方, 下月份设置时避开上次采集过的小样方; 收割小样方内互花米草地上部分, 统计小样方内互花米草的株数、开花株数和幼苗数, 称量样方内的地上部分鲜重; 从中随机选取 10 株个体 (不足 10 株的全选), 测量每株的株高、基茎、地上鲜重, 实验室烘箱内 85 °C 下烘 48 h 后测量每株干重, 根据鲜重和干重比例计算样方地上生物量。土钻法挖取各小样方地下 20 cm 深的土壤根茎, 海水冲掉泥沙后分辨死根茎和活根茎 (谭芳林等, 2010), 并带回实验室烘干后称干重; 计算根茎存活率即活根茎干重 / (活根茎干重 + 死根茎干重)。

### 1.3 数据分析

为检验不同处理间互花米草各指标的差异, 经过方差齐性 (Levene's test) 检验后, 采用单因素方差分析 (one-way ANOVA) 对样本数据进行分析。方差分析 F 检验显著 ( $P < 0.05$ ) 时, 采用 LSD 进行多重比较分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同遮荫层数的透光率比较

遮荫处理的 6 个月内, 1 层遮荫、2 层遮荫和 3 层遮荫的透光率均值分别为 15.27%、2.29% 和 0.31%; 各月份时, 1 层遮荫透光率极显著大于 2 层

遮荫,2层遮荫极显著大于3层遮荫( $P<0.01$ ,图1)。1层遮荫的5月份透光率显著高于其它3个月份( $P<0.05$ ),可能与后期遮荫网粘附泥沙导致透光率下降有关;而2层遮荫和3层遮荫透光率均很低,在各测量月份间差异均不显著( $P>0.05$ ,图1)。

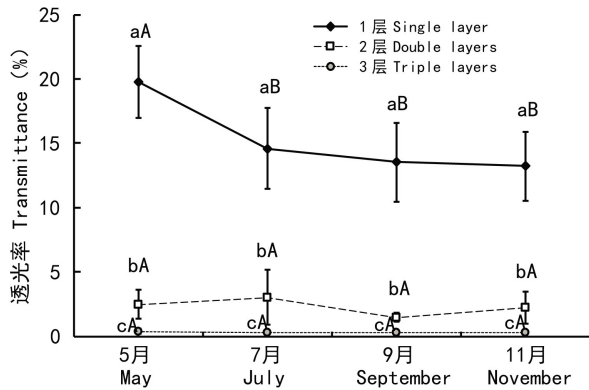


图1 各观测月份时不同程度遮荫处理的透光率数值为平均值 $\pm$ 标准差;相同月份内不同小写字母表示此月份时不同遮荫处理间透光率差异极显著( $P<0.01$ );相同处理内不同大写字母表示该处理在不同月份间透光率差异显著( $P<0.05$ )。

Fig. 1 Light transmittance of different treatments in different months Value is  $\bar{x} \pm s$ . For each month, different lowercase letters mean significant differences among treatments ( $P<0.01$ ); For each treatment, different capital letters indicate significant differences among months ( $P<0.05$ ).

## 2.2 刈割后不同遮荫处理对互花米草地上部分生长特征的影响

7月、9月和11月各测量时期,单纯刈割和刈割后加不同程度遮荫均显著降低了互花米草的植株数量( $P<0.05$ ,图2:A);至7月中旬,刈割加2层遮荫和3层遮荫处理的互花米草地上部分已全部消失;至11月中旬,刈割加1层遮荫处理的互花米草地上部分全部消失。

各测量时期,单纯刈割和刈割后加不同程度遮荫均显著降低了互花米草的株高和样方生物量,且刈割后加各种遮荫处理的降低效果显著高于单纯刈割( $P<0.05$ ,图2:B,E)。与对照相比,单纯刈割对基茎的影响不显著( $P>0.05$ ),而刈割后加各种遮荫(除9月份时1层遮荫以外)在不同月份均显著降低互花米草的基径( $P<0.05$ ,图2:C)。与对照相比,单纯刈割(除9月份外)和刈割后加各种遮荫

均显著降低互花米草单株地上生物量( $P<0.05$ ,图2:D)。

7月份,对照出现开花植株,而各处理均未出现开花植株;9月份,单纯刈割处理的开花植株比例显著高于对照和其他处理;11月份,单纯刈割和对照的开花植株比例相似( $P>0.05$ ,图2:F)。

## 2.3 不同时间段各处理对互花米草地下根茎的影响

与对照相比,在各观测时期,不同处理对地下根茎总生物量影响不显著( $P>0.05$ )。但在各观测时期,单纯刈割和刈割后加不同程度遮荫处理均显著降低了根茎存活率,且刈割后加不同程度遮荫处理的根茎存活率均显著低于单纯刈割处理的根茎存活率(7月时1层遮荫除外; $P<0.05$ ;图3)。刈割后加不同程度遮荫处理中,根茎存活率从7-11月呈现逐渐显著降低的趋势,即刈割后遮荫对于根茎存活的抑制作用一直存在,随着时间的延长,根系死亡比例越来越高;11月观测(处理持续6个月)时,刈割后加1层、2层和3层遮荫处理下根茎存活比例分别为3.68%、2.09%和1.70%。

## 3 讨论

刈割可以快速去除互花米草地上部分,是常用物理防治手段之一(Li & Zhang, 2008)。本研究中,5月份刈割处理在随后两个月内显著降低了互花米草的株数、株高、基茎和地上生物量,推迟了植株开花的时间;但随着治理时间的延长,刈割的影响效果逐渐减弱,株数、株高、基茎、地上生物量、开花植株比例逐渐升高,至11月时基茎和开花植株比例已类似对照水平。此结果表明了单一的刈割仅能起到短期控制效果,与An et al(2007)和Tang et al(2009)的研究结果一致。另外,本研究发现,与地上部分生长指标的变化趋势相反,5月份刈割后互花米草根茎存活比例随治理时间延长呈先下降后稳定的趋势。以往关于刈割的研究多关注地上部分,对地下根茎变化的研究还较少。

互花米草具有发达的根状茎和极强的萌蘖能力(邓自发等,2006),而滩涂的环境导致互花米草地下根茎的挖除十分困难,严重影响了很多控制方法的实际治理效果。采取两种或多种方法进行综合控制,可以相互弥补彼此的不足,极大地提高治理效果(袁琳等,2008;李倩倩和王一冠,2011;Yuan et al, 2011)。本研究结果表明,刈割后加不同程度遮

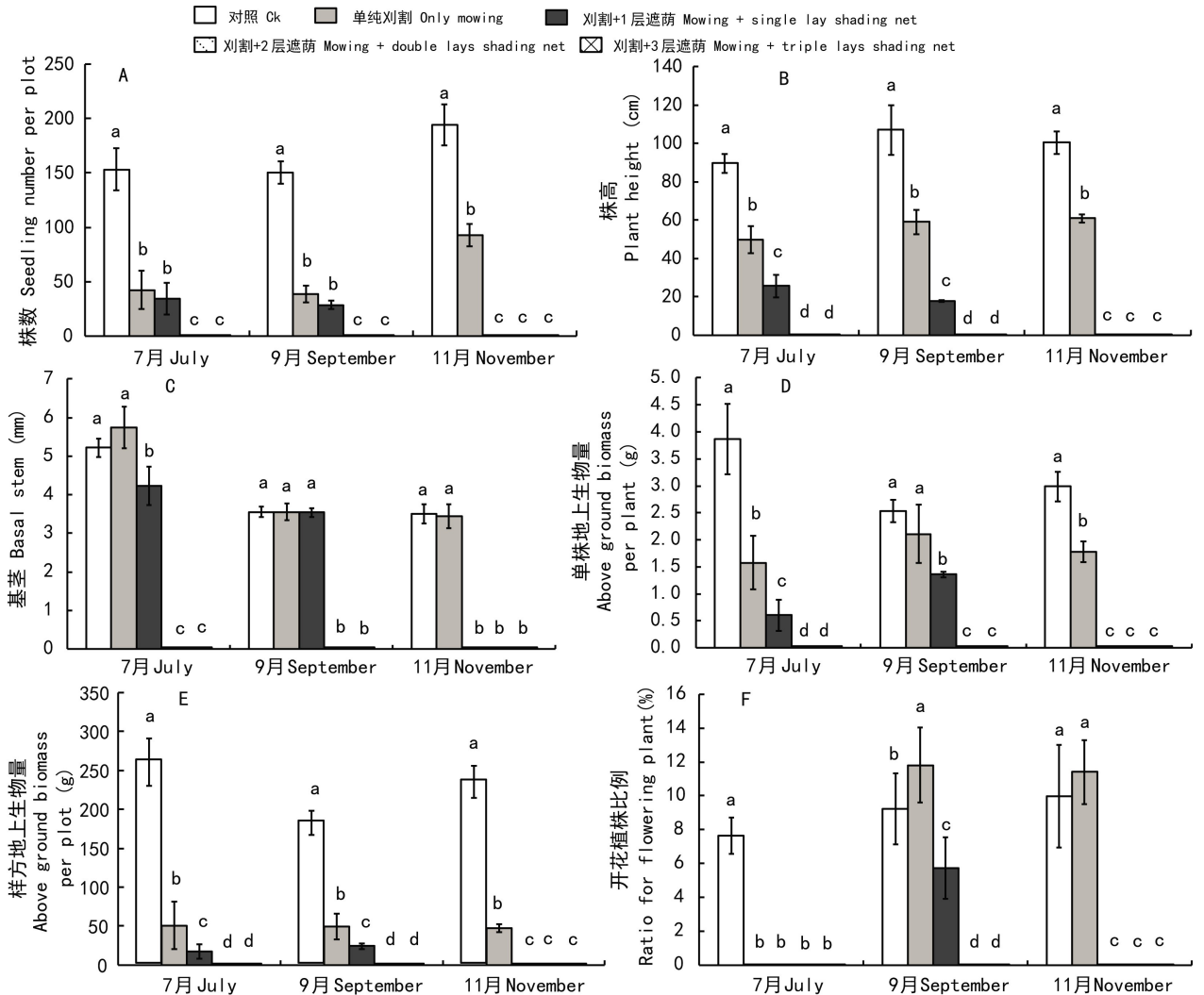


图2 不同处理间互花米草地上部分的生长特征 柱状图为平均值  $\pm$  标准差; 某一月份内不同字母表示该时期不同处理间差异显著 ( $P < 0.05$ ); 地上部分消失后相应指标为 0。

Fig. 2 Growth characteristics of above-ground parts of *S. alterniflora* among treatments Value is  $\bar{x} \pm s$ . For each month, different letters means significant differences among treatments ( $P < 0.05$ ); The index is zero after above ground parts disappeared.

荫处理均可有效抑制互花米草地上部分的生长和导致地下根茎的死亡,且遮荫程度越高,越能在较短的时间内实现互花米草地上留茬腐烂消失和地下根茎的死亡。实验处理 6 个月时,刈割后加 3 种程度的遮荫处理下地下根茎均已接近全部死亡。谷兴华等 (2010) 通过苗圃模拟实验发现,1、2、3 层遮荫网处理的光辐射强度分别为 65.8%、32.5% 和 15.2%,1 层和 2 层遮荫网处理下互花米草生长受到抑制,但植株仍存活,而 3 层遮荫网时实验植株全部死亡。本研究中,1 层遮荫网 (透光率 15.3) 时亦能至互花米

草地上部分全部死亡,推测 15% 左右的透光率可能是遮荫处理互花米草时的关键指标,但仍然需要进一步验证。

外来入侵物种通常需要多次反复治理才能达到理想效果,导致治理花费十分昂贵,大大限制了治理工程的开展和实施 (Tang et al, 2010),降低治理成本也是研究各种治理方法时必须考虑的问题。本研究中,刈割加遮荫的一次性处理即可导致互花米草地上部分的消失和地下根茎的死亡,遮荫层数越多,治理效果越好、治理所需时间越短,但费用也随着增

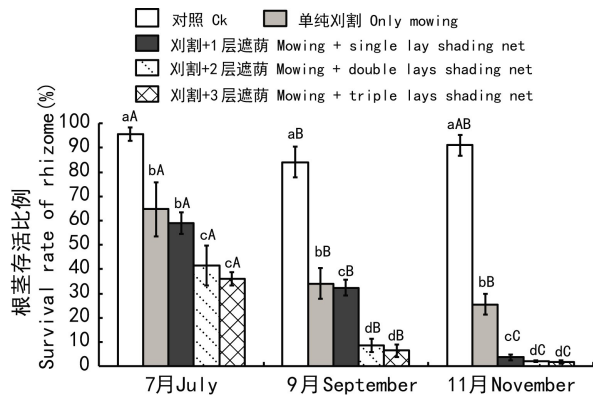


图 3 不同处理下互花米草根茎存活比例

同一月份内不同小写字母表示该时期不同处理间差异显著 ( $P < 0.05$ ); 同一处理内不同大写字母表示该处理组在不同月份间差异显著 ( $P < 0.05$ )。

Fig. 3 Rhizome survival rate of *S. alterniflora* in different treatments For each month, different lowercase letters mean significant differences among treatments ( $P < 0.05$ ); For each treatment; different capital letters indicate significant differences among months ( $P < 0.05$ ).

加。综合考虑治理费用、治理所需时间和治理效果, 建议采用刈割后加 1 层遮荫 (遮光率在 85% 以上) 的方法治理互花米草。同时该方法可作为海岸本土植被恢复工程的前期基础, 即刈割加遮荫处理的第 2 年在遮荫网上划开洞穴种植红树等本土植物, 逐步恢复海滩植被, 避免互花米草的再次入侵。

## 参考文献:

- AN SQ, GU BH, ZHOU CF, et al, 2007. *Spartina* invasion in China: implications for invasive species management and future research [J]. *Weed Res*, 47(3): 183-191.
- CHEN H, LIAO BW, LIU BE, et al, 2014. Eradicating invasive *Spartina alterniflora* with alien *Sonneratia apetala* and its implications for invasion controls [J]. *Ecol Eng*, 73(3): 367-372.
- DENG ZF, AN SQ, ZHI YB, et al, 2006. Preliminary studies on invasive model and outbreak mechanism of exotic species, *Spartina alterniflora* Loisel [J]. *Acta Ecol Sin*, 26(8): 2678-2686. [邓自发, 安树青, 智颖飙, 等, 2006. 外来种互花米草入侵模式与爆发机制 [J]. *生态学报*, 26(8): 2678-2686.]
- GAO Y, TANG L, WANG JQ, et al, 2009. Clipping at early florescence is more efficient for controlling the invasive plant *Spartina alterniflora* [J]. *Ecol Res*, 24(5): 1033-1041.

- GREVSTAD FS, STRONG DR, GARCIA RD, et al, 2003. Biological control of *Spartina alterniflora* in Willapa Bay, Washington using the planthopper *Prokelisia marginata*: agent specificity and early results [J]. *Biol Contr*, 27(1): 32-42.
- GU XH, LIAO BW, ZHU NH, et al, 2010. Effect of sun-shade on the growth of *Spartina alterniflora* [J]. *For Pest Dis*, 29(3): 34-36. [谷兴华, 廖宝文, 朱宁华, 等, 2010. 遮荫对互花米草生长影响的初步研究 [J]. *中国森林病虫*, 29(3): 34-36.]
- LI B, LIAO CH, ZHANG XD, et al, 2009. *Spartina alterniflora* invasions in the Yangtze River estuary, China: an overview of current status and ecosystem effects [J]. *Ecol Eng*, 35(4): 511-520.
- LI HP, ZHANG LQ, 2008. An experimental study on physical controls of an exotic plant *Spartina alterniflora* in Shanghai, China [J]. *Ecol Eng*, 32(1): 11-21.
- LI QQ, WANG YG, 2011. Study on weeding *Spartina alterniflora* by mowing, ploughing and waterlogging integrated technique [J]. *Acta Agric Shanghai*, 27(3): 77-79. [李倩倩, 王一冠, 2011. 刈割、耕翻与淹水集成技术控制互花米草的研究 [J]. *上海农业学报*, 27(3): 77-79.]
- MAJOR WW, GRUE CE, GRASSLEY GM, et al, 2003. Mechanical and chemical control of smooth cordgrass in Willapa Bay, Washington [J]. *J Aquat Plant Manage*, 41(1): 6-12.
- TAN FL, LIN YQ, XIAO HS, et al, 2010. The effect of mowing on growth of *Spartina alterniflora* [J]. *Wet Sci*, 8(4): 379-385. [谭芳林, 林怡卿, 肖华山, 等, 2010. 不同时期刈割对互花米草生长影响的研究 [J]. *湿地科学*, 8(4): 379-385.]
- TANG L, GAO Y, WANG CH, et al, 2010. How tidal regime and treatment timing influence the clipping frequency for controlling invasive *Spartina alterniflora*: implications for reducing management costs [J]. *Biol Invasions*, 12(3): 593-601.
- TANG L, GAO Y, WANG JQ, et al, 2009. Designing an effective clipping regime for controlling the invasive plant *Spartina alterniflora* in an estuarine salt marsh [J]. *Ecol Eng*, 35(5): 874-881.
- YUAN L, ZHANG LQ, XIAO DR, et al, 2008. A demonstration study using the integrated technique of cutting plus waterlogging for the control of *Spartina alterniflora* [J]. *Acta Ecol Sin*, 28(11): 5723-5730. [袁琳, 张利权, 肖德荣, 等, 2008. 刈割与水位调节集成技术控制互花米草 (*Spartina alterniflora*) [J]. *生态学报*, 28(11): 5723-5730.]
- YUAN L, ZHANG LQ, XIAO DR, et al, 2011. The application of cutting plus waterlogging to control *Spartina alterniflora* on salt-marshes in the Yangtze Estuary, China [J]. *Estuari Coast Shelf S*, 92(2): 103-110.
- ZHAO XJ, LIU XY, GONG L, et al, 2014. Control of *Spartina alterniflora* by integrated technique of mowing plus shading [J]. *Chin J Ecol*, 33(10): 2714-2719. [赵相健, 柳晓燕, 宫璐, 等, 2014. 刈割加遮荫综合治理互花米草 (*Spartina alterniflora*) [J]. *生态学杂志*, 33(10): 2714-2719.]