

狗牙根营养繁殖体对模拟水淹的生物学响应

陈芳清, 黄友珍, 曾旭

(三峡大学生态与环境科学研究中心, 湖北宜昌 443002)

摘要: 研究了水淹条件下狗牙根(*Cynodon dactylon*)繁殖体的形态特征和生物量的变化及其水淹后的恢复状况。结果表明,水淹深度的增加会诱导植株茎快速增高,而叶片数则明显下降。水淹时间对植株叶片数、茎直径、茎与根长比的影响显著,而对分枝数、茎长、根长、茎节数不显著。植株地上部生物量和总生物量随着水淹时间的延长而显著减少,但地下部生物量的变化不显著。所有实验处理的植株水淹后都能存活且恢复生长。但水淹对恢复期植株的生长仍有影响,植株的茎长、根长、分枝数、直径、叶片数、叶长、宽度以及叶的长宽比都随水淹时间的延长而显著减少,但茎节数与叶片数的差异不显著。根、茎、叶生物量和植株总生物量也随着水淹时间的延长而减少。实验表明狗牙根繁殖体通过延长茎长、改变叶形和减少生物量等方式对水淹显示出较强的耐受能力。

关键词: 水淹; 狗牙根; 营养繁殖体; 形态特征; 生物量

中图分类号: Q945.78

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2010)01-0015-06

Biological Response of *Cynodon dactylon* Vegetative Propagule to Simulated Flooding

CHEN Fang-qing, HUANG You-zhen, ZENG Xu

(The Center of Ecology and Environmental Science, China Three Gorges University, Yichang 443002, China)

Abstract: The changes of *Cynodon dactylon* propagules under flooding were studied in morphology and biomass. Results showed that the stem length increased with increasing of flooding depth, whereas leaf number decreased obviously. Flooding duration had significant effects on leaf number, stem diameter, and ratio of stem length to root depth, but not on branch number, stem length, root depth, stem node number. The aboveground biomass and total biomass of plants decreased significantly with the prolongation of flooding time, but the underground biomass of plants changed little. Plants of all the treatments could survive and recovered after flooding. However, stem length, root depth, branch number, stem diameter, leaf number, leaf length, leaf width and ratio of leaf length to leaf width all decreased significantly with the increase of flooding duration during recovery, so did the stem, leaf, root biomass and total biomass. But node number and leaf number of plants showed no significant difference among treatments. It suggested that *Cynodon dactylon* had strong toleration to flooding by prolonging stem, changing leaf shape and reducing biomass.

Key words: Flooding; *Cynodon dactylon*; Vegetative propagule; Morphological characteristics; Biomass

随着对河流的开发利用,许多河流的生态环境发生了显著变化。河岸带植被常因水位消涨节律和幅度的急剧变化而退化,河岸带植被的生态恢复关系到区域生态环境的保护、生物多样性的保育和

社会经济的可持续发展^[1]。先锋物种的筛选及其耐淹机理的研究是进行河岸带植被生态恢复的关键^[2]。水淹条件下,氧气和光照不足^[3],植物的生长发育和生理代谢活动常受到影响,水淹敏感植物甚

收稿日期:2009-03-16 接受日期:2009-06-14

基金项目:湖北省教育厅重点科研项目(D200513005); 国家科技部支撑计划课题(2006BAC10B01)资助

* 第一作者 email: fangqing1963@hotmail.com

至死亡^[4-6]。河岸带植物经长期的进化,对水淹形成了相应的适应能力和机制,以减少水淹对自身的危害^[7]。有的植物形成发达的皮孔、通气组织或不定根^[8-9],有的植物地上部伸长、叶面积增大^[10-11],有的物种形成一些抗性物质^[12-13],还有的植物减少生物量的积累或形成适应水淹的生活史和生长习性^[14]。

狗牙根(*Cynodon dactylon*)是禾本科(Poaceae)狗牙根属多年生草本植物,广泛分布于热带、亚热带和温带地区。在我国黄河流域及其以南地区有自然分布^[15]。狗牙根具有多态性,旱生和水生两种类型^[16]。生长在河岸带的狗牙根,其匍匐茎及根状茎一般在3月底至4月上旬开始萌发出不定芽,4月下旬至6月上旬进行分蘖生长。夏汛后,虽经长期水淹,狗牙根仍能短期内萌出新芽,恢复生长。9月上旬至10月下旬开花结实,11月底至12月下旬地上枝叶开始枯萎,以根状茎和匍匐茎越冬。通过地上匍匐茎进行营养繁殖是狗牙根扩大种群的主要方式。已有研究表明狗牙根对深度水淹有着较强的耐受能力^[17],但对其营养繁殖体的耐淹能力及其水淹的生物学适应机理的研究仍不清楚。本文通过控制实验探讨了狗牙根营养繁殖体对夏季水淹的适应能力以及相关的生物学适应机理,为该物种在河岸带退化植被生态恢复的应用提供参考。

1 材料和方法

1.1 材料与设置

2007年8月初从长江河岸带将耐淹型的狗牙根匍匐茎连根采回,剪成8 cm左右长带有不定根和不定芽的小段,种于塑料花盆内,置于三峡大学生态试验园内,海拔134 m。

设置2个控制实验:(1)水淹深度分别设置对照、半淹、全淹3个处理,每处理重复30次。半淹处理的水面高出土壤表面5 cm左右,全淹处理的水面高于植株顶芽10 cm左右。8月20日开始水淹,10月10日水淹结束开始恢复生长,11月1日恢复试验结束。(2)水淹时间分别设置对照、水淹10 d、30 d、50 d共4个处理,每处理重复32次,均为全淹。从8月25日起分批水淹,10月10日结束水淹,同时进行恢复生长。11月1日结束恢复试验。

用于淹水的塑料盆为70 cm×50 cm×40 cm。每周调整各处理植株的位置,以减少因其它生长条

件的差异而带来的实验误差。

1.2 生物学指标的测定方法

在水淹试验和恢复试验结束时各处理分别取8株植株,装入尼龙袋中洗净泥土,测量各植株的根长、株长、节数、叶片数、分枝数、节间数、茎直径、顶二叶长和宽,并用叶面积仪(LI-3000A)测定其叶面积。然后分成根、茎和叶3部分置于真空干燥箱中,65℃恒温干燥至恒重测定生物量。

1.3 数据分析

分别以水淹时间和水淹深度为自变量,以各生物学指标为因变量在SPSS软件(13.0)上进行方差分析。

2 结果和分析

2.1 生长对水淹的响应

植株茎长在水淹过程中均持续增长,淹水越深,植株茎长增长越快。在水淹结束时,全淹植株的茎最长,对照组最短,半淹居中;全淹处理的植株叶片数在水淹的前10 d急剧减少,后期只有茎伸长后露出水面的少数叶片存活。半淹处理的叶片数在水淹的前20 d减少,第10~20天迅速减少,之后开始增加。对照叶片数的变化不大(图1)。

2.2 水淹时间对形态的影响

水淹时间对植株叶片数有极显著影响($P < 0.01$),对茎直径、茎与根长的比也有显著影响($P < 0.05$),而对茎长、根长、茎节数、分枝数及节间长均无显著影响(表1)。水淹50 d植株的茎与根长的比显著高于其它各处理。茎直径以水淹30 d的最小。植株叶片数为对照 > 水淹10 d > 50 d > 30 d,水淹50 d与30 d植株的叶片数无显著差异,但显著低于其它处理(图2)。

2.3 水淹时间对生物量的影响

水淹时间对茎、叶生物量和总生物量有显著影响($P < 0.01$),但对根生物量没有显著影响($P > 0.05$)。茎、叶生物量和总生物量随水淹时间的增加而显著减少(图3)。水淹50 d后,茎、叶、总生物量和根生物量分别比对照减少64.1%、82.4%、64.9%和36.2%。

2.4 恢复阶段的植株形态对水淹的响应

恢复阶段,水淹时间不同,植株的茎长、根长、分枝数有显著差异($P < 0.05$),茎直径、叶长、叶宽、叶

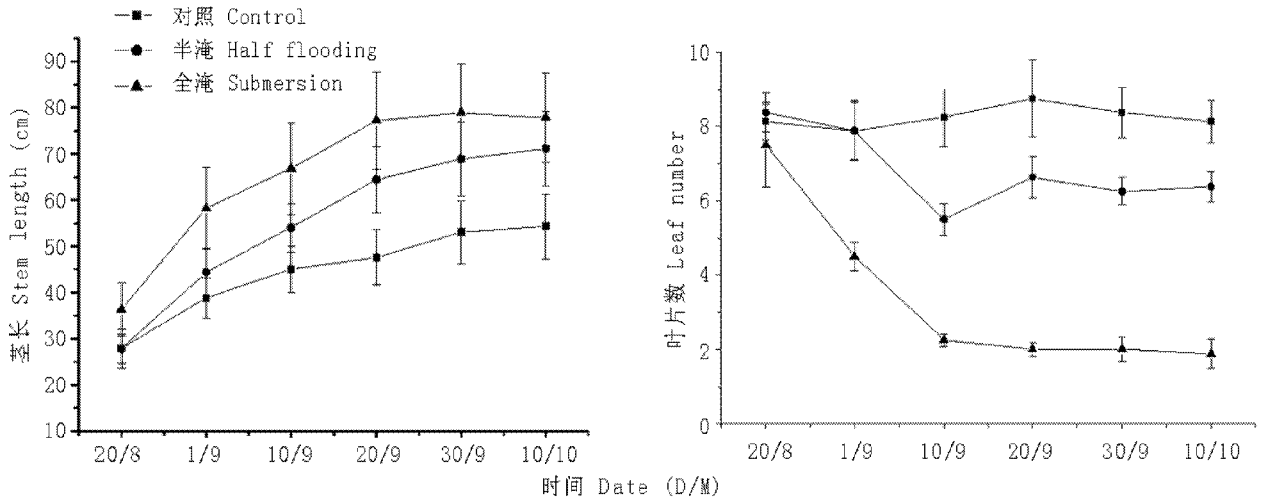


图 1 狗牙根植株生长对水淹的响应

Fig. 1 The response of growth of *Cynodon dactylon* to flooding

表 1 水淹时间对植株形态影响的方差分析

Table 1 The variance analysis of flooding duration effects on plant morphological characteristics

| | 平方差和 Sum of squares | 自由度 df | 平均方差 Mean square | F | Sig. |
|--------------------------------|------------------------|-----------|---------------------|-------|-------|
| 茎长 Stem length | 2099.09 | 3 | 699.70 | 1.83 | 0.165 |
| 根长 Root length | 382.96 | 3 | 127.65 | 2.19 | 0.111 |
| 分枝数 Branch number | 19.84 | 3 | 6.62 | 2.08 | 0.125 |
| 茎节数 Node number | 63.63 | 3 | 21.21 | 1.32 | 0.288 |
| 叶片数 Leaf number | 1427.75 | 3 | 475.92 | 12.25 | 0.000 |
| 节间长 Internode length | 2.18 | 3 | 0.73 | 2.19 | 0.112 |
| 茎长/根长 Stem length/ root length | 4.88 | 3 | 1.63 | 3.03 | 0.046 |
| 茎直径 Stem diameter | 0.025 | 3 | 0.01 | 3.83 | 0.012 |

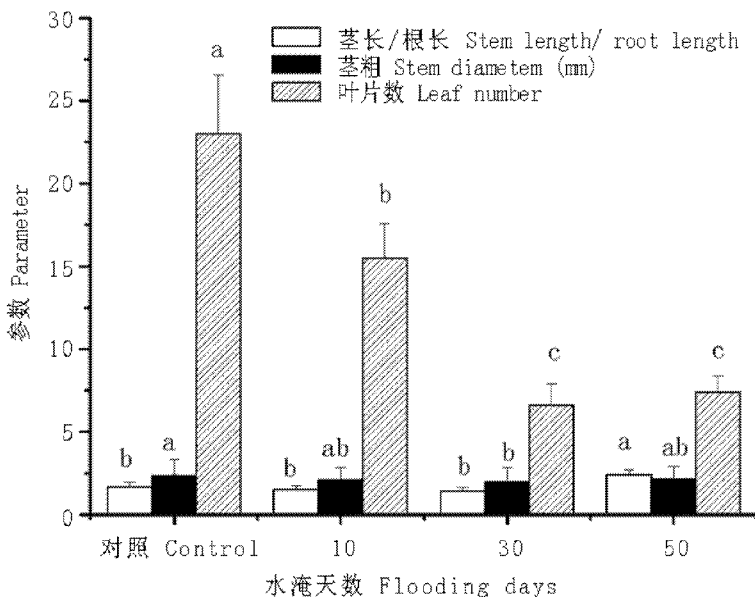


图 2 水淹时间对植株叶片数、茎长/根长和茎粗的影响

Fig. 2 Effects of flooding duration on leaf number, stem to root length, and stem diameter of *Cynodon dactylon*

柱上不同字母表示差异显著。Different letters above bars present significant difference. 下图同。The same as following Figures.

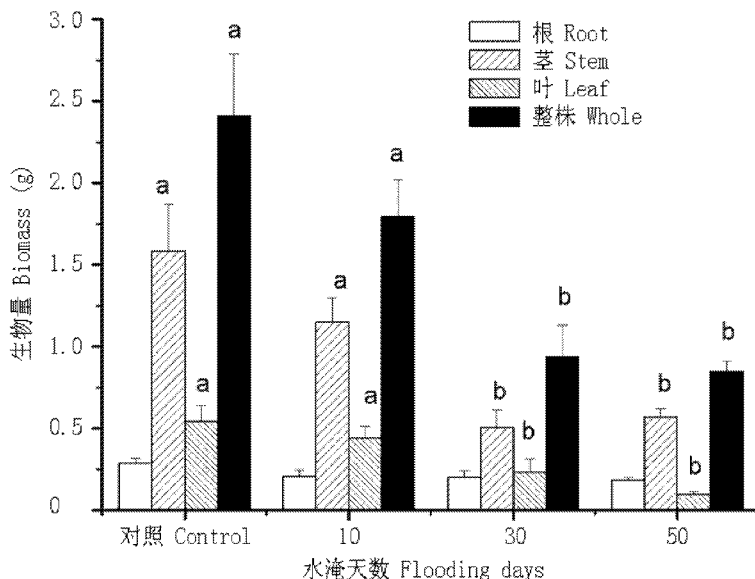


图3 水淹时间对植株生物量的影响

Fig. 3 The effects of flooding duration on biomass

表2 恢复阶段植株形态特征对水淹时间的响应

Table 2 The responses of morphological characteristics to flooding duration during recovery

| | 水淹时间 Flooding time (d) | | | | 方差分析 Variance analysis |
|---------------------------------|------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------------------|
| | 对照 Control | 10 | 30 | 50 | |
| 节数 Node number | 18.63 ± 1.07 | 16.88 ± 1.20 | 20.25 ± 1.74 | 19.00 ± 1.45 | df=3; F= 1.007; P=0.404 |
| 分支数 Branch number | 5.50 ± 0.78 | 3.88 ± 1.04 | 4.75 ± 0.53 | 2.25 ± 0.45 | df=3; F= 3.587; P=0.026 |
| 叶片数 Leaf number | 19.50 ± 3.62 | 17.13 ± 3.06 | 12.00 ± 1.41 | 10.50 ± 2.43 | df=3; F= 2.368; P=0.092 |
| 茎长 Stem length (cm) | 59.11 ± 7.41 | 56.67 ± 8.19 | 89.50 ± 7.78 | 68.41 ± 6.58 | df=3; F= 3.952; P=0.018 |
| 根长 Root depth (cm) | 42.71 ± 7.66 | 41.22 ± 5.13 | 39.16 ± 2.85 | 21.25 ± 2.22 | df=3; F= 4.082; P=0.016 |
| 茎直径 Stem diameter (mm) | 2.02 ± 0.42 | 1.98 ± 0.42 | 2.09 ± 0.55 | 1.95 ± 0.34 | df=3; F= 4.310; P=0.006 |
| 叶长 Leaf length (cm) | 8.10 ± 0.18 | 9.29 ± 0.30 | 9.21 ± 0.34 | 7.90 ± 0.28 | df=3; F= 6.739; P=0.000 |
| 叶宽 Leaf width (cm) | 0.48 ± 0.02 | 0.46 ± 0.03 | 0.48 ± 0.03 | 0.39 ± 0.01 | df=3; F= 4.128; P=0.000 |
| 叶长/宽 Leaf length / width | 17.16 ± 0.42 | 21.97 ± 1.40 | 20.40 ± 0.89 | 21.06 ± 0.68 | df=3; F= 4.795; P=0.003 |
| 茎长/根长 Stem length / Root length | 1.79 ± 0.36 | 1.39 ± 0.11 | 2.28 ± 0.12 | 3.52 ± 0.51 | df=3; F= 8.088; P=0.000 |

长宽比有极显著差异($P < 0.01$),但植株的茎节数与叶片数无显著差异(表2)。水淹 10 d 的植株长度与对照的相近,而显著低于水淹 30 d 和 50 d 的。但与水淹结束时比较,水淹 10 d、30 d 的茎长为正增长,而水淹 50 d 的为负增长;水淹 30 d 的分枝数与对照无差异,但显著高于其它处理;叶片数则随着水淹时间的增加而减少;对照、水淹 10 d、30 d 的叶宽无显著差异,显著大于水淹 50 d;茎长与根长的比以水淹 50 d 的最高,其它处理间无显著差异。

2.5 恢复阶段的生物量对水淹的响应

水淹胁迫解除后,植株陆续恢复生长,且保持 100% 的存活率。但水淹时间对恢复期植株生物量的积累仍有显著影响($P < 0.01$)。各器官与总生物

量的恢复随着水淹时间的延长而减慢(图 4)。恢复结束时,根、茎、叶生物量和总生物量均以对照 $> 30 \text{ d} > 10 \text{ d} > 50 \text{ d}$ 。

3 讨论

植物受水淹胁迫常发生一系列的生物学适应性变化来减少危害,提高生存能力^[4,17-18]。狗牙根营养繁殖体主要是通过茎的伸长与增粗、改变叶片形态、产生不定根和丧失部分生物量来适应水淹环境。水淹条件下狗牙根植株的直径、叶长、叶长/宽、茎长、茎长/根长以及不定根数量都显著增加,而叶片数与叶宽则下降。水淹时,植物通过茎叶的快速伸长来保持与空气的接触,满足生长对氧气的

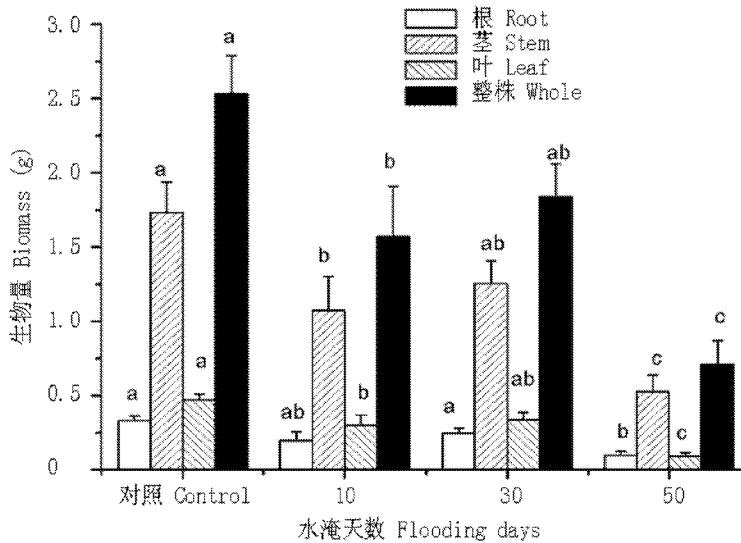


图 4 恢复阶段水淹时间对植株生物量的影响

Fig. 4 The effects of flooding duration on plant biomass during recovery

需求^[10]。也有植物通过形成不定根以适应水淹的缺氧环境。不定根伸长区有发达的通气组织,根内部组织孔隙度大幅提高^[19-20]。狗牙根茎的增粗表明茎的通气组织在水淹下变得更发达。植物在逆境下会调整生物量的分配,以维持正常的生理活动^[14,21]。水淹时,狗牙根植株地上与地下部分生物量的比值显著减少,而根的生物量未显著减少,说明水淹主要对地上部分产生影响。生物量减少一方面是由于水淹引起的缺氧使地上部叶片和茎死亡,另一方面是水淹使植物通过无氧呼吸消耗体内营养物质以维持生活力^[4]。

恢复阶段,水淹对狗牙根营养繁殖体的生长恢复有显著作用,处理与对照间在植株形态、生物量的恢复有显著差异。随着水淹时间的增加,狗牙根植株的恢复进程变慢,但所有水淹处理的狗牙根植株水淹后都能存活,最终恢复生长。恢复期间狗牙根发生的生物学变化实际上是对水淹的进一步响应,随着恢复进程的延续这些变化逐渐消失。上述实验结果表明狗牙根具有较强的耐淹能力,可用于 8~10 月份洪水淹没的河岸带退化植被的生态恢复。

参考文献

[1] Dai F X(戴方喜), Xu W N(许文年), Chen F Q(陈芳清). A discussion on the restoration of riverbank ecosystems in the Three Gorges Reservoir [J]. Soil Water Conserv China(中国水土保持), 2006, 12: 6-8.(in Chinese)

[2] Yi Y H(衣英华), Fan D Y(樊大勇), Xie Z Q(谢宗强), et al. Effects of waterlogging on the gas exchange, chlorophyll fluorescence and

water potential of *Quercus variabilis* and *Pterocarya stenoptera* [J]. Acta Phytoecol Sin(植物生态学报), 2006, 30: 960-968.(in Chinese)

[3] Drew M C. Oxygen deficiency and root metabolism: Injury and acclimation under hypoxia and anoxia [J]. Ann Rev Plant Physiol Plant Mol Biol, 1997, 48: 223-250.

[4] Kozłowski T T. Plant responses to flooding of soil [J]. Biol Sci, 1984, 34: 162-167.

[5] Yordanova R Y, Alexieva V S, Popova L P. Influence of root oxygen deficiency on photosynthesis and antioxidant status in barley plants [J]. Russ J Plant Physiol, 2003, 50: 163-167.

[6] Close D C, Davidson N J. Long-term waterlogging: Nutrient, gas exchange, photochemical and pigment characteristics of *Eucalyptus nitens* saplings [J]. Russ J Plant Physiol, 2003, 50: 843-847.

[7] Anella L B, Whitlow T H. Photosynthetic response to flooding of *Acer rubrum* seedlings from wet and dry sites [J]. Amer Midl Nat, 2000, 143: 330-342.

[8] Jackson M B, Armstrong W. Formation of aerenchyma and the processes of plant ventilation in relation to soil flooding and submergence [J]. Plant Biol, 1999, 1: 274-287.

[9] Malik A I, Colmer T D, Lambers H, et al. Changes in physiological and morphological traits of roots and shoots of wheat in response to different depths of waterlogging [J]. Aust J Plant Physiol, 2001, 28: 1121-1131.

[10] Groeneveld H W, Voeseek L A C J. Submergence-induced petiole elongation in *Ranex palustris* is controlled by developmental stage and compound [J]. Plant Soil, 2003, 253: 115-123.

[11] Chen F Q(陈芳清), Li Y(李永), Qie G W(鄢光武), et al. The morphological responses and endurance of *Polygonum hydropiper* to flooding stress [J]. J Wuhan Bot Res(武汉植物学研究), 2008, 26: 142-146.(in Chinese)

[12] Crawford R M M, Brandle R. Oxygen deprivation stress in a changing environment [J]. J Exp Bot, 1996, 47: 145-159.

- [13] Chen F Q (陈芳清), Xie Z Q (谢宗强). Physiological and biochemical characteristics of *Myricaria laxiflora*, an endangered species in the Three Gorges Reservoir Area [J]. *Guhaia* (广西植物), 2008, 28: 367–372. (in Chinese)
- [14] Chen F Q, Xie Z Q. Survival and growth responses of *Myricaria laxiflora* seedlings to summer flooding [J]. *Aquat Bot*, 2009, 90: 333–338.
- [15] Institute of Botany, Chinese Academy of Science (中国科学院植物研究所). The Picture Index of Senior China Plant Vol. 5 [M]. Beijing: Science Press, 1985: 1–177. (in Chinese)
- [16] 刘伟, 张新全, 干友民, 等. 我国野生狗牙根种质资源的开发利用 [J]. *中国种业*, 2003(4): 41–42.
- [17] Liu Y F (刘云峰), Liu Z X (刘正学). Adaptability test of *Cynodon dactylon* (L.) Pers. in the ebb and flow zone of the Three Gorges Reservoir under extreme conditions [J]. *J SW China Norm Univ (Nat Sci)* (西南农业大学学报: 自然科学版), 2005, 27: 661–663. (in Chinese)
- [18] Parolin P. Submergence tolerance vs. escape from submergence: Two strategies of seedling establishment in Amazonian floodplains [J]. *Environ Exp Bot*, 2002, 48: 177–187.
- [19] Lin K H R, Weng C H, Lo H F, et al. Study of the root antioxidative system of tomatoes and eggplants under waterlogged conditions [J]. *Plant Sci*, 2004, 167: 355–366
- [20] Maricle B R, Lee R W. Aerenchyma development and oxygen transport in the estuarine cordgrasses *Spartina alterniflora* and *S. anglica* [J]. *Aquat Bot*, 2002, 74: 109–120.
- [21] Vartapetian B B, Jackson M B. Plant adaptations to anaerobic stress [J]. *Ann Bot*, 1997, 79(Suppl. A): 3–20.