

# 干旱胁迫对沙枣幼苗根茎叶生长及光合色素的影响

孙景宽<sup>1</sup>, 李田<sup>1</sup>, 夏江宝<sup>1</sup>, 董波涛<sup>2</sup>

(1. 滨州学院 山东省黄河三角洲生态环境重点实验室, 山东 滨州 256603; 2. 山东省滨州市农业局, 山东 滨州 256603)

**摘要:** 采用不同浓度的 PEG-6000 溶液模拟干旱胁迫, 设置对照(CK)、轻度干旱胁迫(T<sub>1</sub>)、中度干旱胁迫(T<sub>2</sub>)、重度干旱胁迫(T<sub>3</sub>), 研究了沙枣根茎叶的生长特性、可溶性蛋白、叶片光合色素对干旱胁迫的响应。结果表明: (1) 随着干旱胁迫程度的加重, 沙枣根长、株高, 叶片数才开始受到影响, T<sub>2</sub> 胁迫下, 沙枣的根长、株高先受到影响, 叶片数和 CK 差异不显著; T<sub>3</sub> 胁迫下, 沙枣根长受影响最大, 株高其次, 叶片数受影响最小。(2) T<sub>2</sub> 胁迫下, 沙枣的根、茎鲜(干)重先受到影响, 叶鲜(干)和 CK 差异不显著; T<sub>3</sub> 胁迫下, 沙枣根鲜(干)重受影响最大, 茎鲜(干)其次, 叶鲜(干)受影响最小。(3) 沙枣叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量、叶绿素 a+b 总含量、类胡萝卜素含量等均随着干旱胁迫的加剧先升高后下降, 叶绿素 a/b 变化趋势相反, 叶绿素 b 对干旱胁迫的反应较叶绿素 a 敏感。(4) 在 T<sub>1</sub> 胁迫下, 沙枣根中的可溶性蛋白高出 CK 18.6%, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> 胁迫下, 根中可溶性蛋白分别低于 CK 13.9%, 29.1%; 在 T<sub>1</sub> 胁迫下, 沙枣茎中的可溶性蛋白和 CK 差异不显著, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> 胁迫下, 沙枣茎中可溶性蛋白分别高出 CK 17.2%, 41.9%; 叶片中的可溶性蛋白只有在 T<sub>3</sub> 胁迫下, 显著高于 CK 24.3%。

**关键词:** 干旱胁迫; 沙枣幼苗; 生长特性; 光合色素

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)01-0068-04

中图分类号: Q945.79

## Effects of Drought Stress on Photosynthetic Pigment and on Root, Stem and Leaf Growth Characteristics of *Elaeagnus Angustifolia* Seedlings

SUN Jing-kuan<sup>1</sup>, LI Tian<sup>1</sup>, XIA Jiang-bao<sup>1</sup>, DONG Bo-tao<sup>2</sup>

(1. Shandong Provincial Key Laboratory of Eco-Environmental Science for Yellow River Delta, Binzhou University, Binzhou, Shandong 256603, China; 2. Agriculture Bureau of Binzhou, Binzhou, Shandong 256603, China)

**Abstract:** PEG-6000 solutions with different concentrations were used to simulate drought stress. Four treatments were applied: control(CK), light stress(T<sub>1</sub>), moderate stress(T<sub>2</sub>) and heavy stress(T<sub>3</sub>) to investigate the effects of drought stress on photosynthetic pigment and root, stem and leaf growth characteristics of *Elaeagnus angustifolia*. The results show that root length, plant height, and leaf number of the plants exhibited the effects of increasing stress. In comparison of CK, root length, and plant height of T<sub>2</sub> except for leaf numbers were significantly different. In T<sub>3</sub>, root length, plant height, leave number, respectively. In T<sub>2</sub>, fresh and dry weights of root and stem, except for leaf, indicated influences of draught stress in comparison of CK. Similarly, fresh and dry weights of root, stem, and leaf indicated strongest, moderate and least responses to the stress. Along with the increasing degree of drought stress, the contents of chlorophyll a, contents of chlorophyll b, contents of total chlorophyll, and contents of carotinoid *Elaeagnus angustifolia* increased first and then decreased, however, of the ratios of chlorophyll a/b showed opposite tendency. The response of chlorophyll a to drought stress is more sensitive than chlorophyll b. In comparison of CK, soluble proteins of the roots of T<sub>1</sub> were 18.6% higher, but that of T<sub>2</sub> and T<sub>3</sub> were 13.9% and 29.1% lower, respectively. No significant difference was found between stem soluble proteins of T<sub>1</sub> and CK, however, stem soluble protein of T<sub>2</sub> and T<sub>3</sub> was 17.2% and 41.9% higher than that of CK. T<sub>3</sub> is the only treatment which leaf soluble proteins were significantly higher than CK(24.3%).

**Keywords:** drought stress; *Elaeagnus angustifolia* seedlings; growth characteristics; photosynthetic pigment

收稿日期: 2010-06-11

修回日期: 2010-07-23

资助项目: 山东省自然科学基金项目“黄河三角洲地区耐盐植物生物水分高效利用研究”(Y2008D52); 山东省高等学校科技计划项目“黄河三角洲地区主要园林植物对水盐胁迫的生理响应机制研究”(J09LC64); 滨州市科技发展计划项目“黄河三角洲野生园林植物耐盐、抗旱生理机制研究”; 908 专项“中国滨海湿地”(908-ZC-II-03)

作者简介: 孙景宽(1980—), 男(汉族), 山东省成武县人, 在读博士, 讲师, 研究方向为植物生理生态、环境生态。E-mail: sunjingkuan@126.com。

通信作者: 夏江宝(1978—), 男(汉族), 山东省安丘市人, 博士, 副教授, 研究方向为植被恢复与重建。E-mail: xiajb@163.com。

“四环五海,生态滨州”,构筑了黄河三角洲中心城市滨州的大框架。为了把滨州市建设成为黄河三角洲生态园林型现代城市,园林绿化具有举足轻重的作用。筛选具有较强的耐干旱、耐盐碱能力的园林植物向滨州引种显得非常迫切。

沙枣<sup>[1]</sup> (*Elaeagnus angustifolia* L.) 是胡颓子科,胡颓子属,落叶小乔木。幼枝被银白色鳞片,老枝褐色。叶长披针形至狭披针形,先端尖或钝,基宽楔形,两面皆被白色鳞片,侧脉不明显。花银白色,芳香,1~3 朵生小枝下部叶腋。花被钟形,长 5 mm,上部 4 裂,外被鳞片。雄蕊 4 个;花柱上部扭转,基部为花盘包被。果实长圆状椭圆形,直径 8~11 mm,密被白色鳞片。花期 4 月。常生于沙漠地区。近年来,沙枣被引种到滨州,通过大田初步栽培实验,其生长旺盛,适应性强,观赏性好,有希望在滨州市区园林绿化中广泛推广。

PEG 是一种惰性的非离子长链多聚体,在植物生理和组织培养上得到了广泛应用,PEG-6000 模拟干旱胁迫效果最佳<sup>[2]</sup>。孙景宽等对沙枣种子萌发期的抗旱性<sup>[3]</sup>、沙枣幼苗根茎叶保护酶系统<sup>[4]</sup>进行了研究,但未见用 PEG-6000 模拟干旱胁迫,探讨沙枣光合色素和根茎叶生长特性响应规律的研究报道。本文在 PEG-6000 模拟干旱胁迫下,通过测定沙枣幼苗根茎叶的生长特性、可溶性蛋白、叶片光合色素,探讨沙枣幼苗生长特性、可溶性蛋白、叶片光合色素对于干旱胁迫的响应规律,为沙枣耐旱机制的研究提供理论参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 实验材料

沙枣种子采自新疆维吾尔自治区吐鲁番市,于 2009 年种子成熟季节进行采集。选取饱满、大小均匀的种子备用。

### 1.2 胁迫方法

用置入 2 层纱布和 1 层滤纸的培养皿(直径 10 cm)做发芽床,每皿分别移入 7 ml 1/2Hoagland 培养液(5 mM Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, 5 mM KNO<sub>3</sub>, 1 mM KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 50 μM H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, 1 mM MgSO<sub>4</sub>, 4.5 μM MnCl<sub>2</sub>, 3.8 μM ZnSO<sub>4</sub>, 0.3 μM CuSO<sub>4</sub> and 0.1 mM (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>MO<sub>7</sub>O<sub>24</sub>, 10 μM FeEDTA, pH=5.5)。沙枣种子经 0.01% HgCl<sub>2</sub> 消毒 10 min,蒸馏水冲洗干净,然后放入发芽床中,每 1 发芽床 25 粒种子,2 d 更换 1 次发芽床。培养 8 d 后,选取长势一致的沙枣移到不透光的塑料盆(25 cm×15 cm×10 cm)中水培,定时通气,每 2 d 更换 1 次 1/2Hoagland 培养液。待沙枣幼苗长出第 5 对真叶时,用 1/2Hoagland 培养液配制

的 5%, 10%, 20% 的 PEG-6000 溶液(g/g),模拟干旱胁迫处理,设置对照(CK),1/2Hoagland 培养液;轻度干旱胁迫(T<sub>1</sub>),5% 的 PEG-6000 溶液;中度干旱胁迫(T<sub>2</sub>),10% 的 PEG-6000 溶液;重度干旱胁迫(T<sub>3</sub>),20% 的 PEG-6000 溶液;对应的渗透势大约为 0, -0.054, -0.177, -0.735 MPa<sup>[5]</sup>。每一处理 3 次重复。整个实验在 SPX-250IC 人工气候箱中进行,恒温 25 °C,相对湿度 60%,每天光照 12 h,光合有效辐射为 600 μmol/(m<sup>2</sup>·s)。

### 1.3 测定方法

在干旱胁迫 7 d 后,进行相关指标的测定,每一指标的测定 3 次重复。

(1) 生长特性的测定。将沙枣从盆中取出,冲洗干净,分别测量根长和叶片数;用吸水纸吸干水后,将根、叶分离,称量根、叶鲜重,将分离的根、叶材料放入烘箱内 105 °C 杀青 15 min,85 °C 烘干至恒重,称干重。

(2) 光合色素的提取。称取 0.1 g 叶片放入研钵中加适量 80% 丙酮,少许碳酸钙和石英砂,研磨成匀浆。将匀浆转入 7 ml 离心管,再加 80% 丙酮洗涤研钵,一并转入离心管,以 4 000 r/min 离心 15 min,取上清液定容为 25 ml。将上述色素提取液转入比色杯中,以 80% 丙酮为对照,用 UV2550 型分光光度计测定 470, 663, 646 nm 处 OD 值,计算按照李合生<sup>[6]</sup>的方法。

(3) 可溶性蛋白的提取。分别取根茎叶各 0.3 g,置于预冷的研钵中,加适量预冷的 50 mmol/L 磷酸缓冲液(含 1% PVP, pH=7)及少量石英砂,在冰浴中研磨成匀浆,将匀浆液全部转入到 15 ml 离心管中。于 2~4 °C,12 000 g 离心 20 min,上清液转入 25 ml 容量瓶中,沉淀用 5 ml 磷酸缓冲液再提取 2 次。上清液并入容量瓶中,定容到刻度,4 °C 下保存备用<sup>[7]</sup>。测定用考马斯亮蓝 G-250 染色法<sup>[8]</sup>。

### 1.4 数据分析

用 SPSS 13.0 分别对沙枣不同胁迫水平之间进行单因素方差分析和 Duncan 多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 干旱胁迫对沙枣根长、株高、叶片数的影响

干旱胁迫对沙枣根长、株高、叶片数的影响如表 1 所示。轻度干旱胁迫(T<sub>1</sub>)没有对沙枣根长、株高、叶片数产生显著影响;中度干旱胁迫(T<sub>2</sub>)下,沙枣根长和株高比对照下降了 21%, 18%, 对沙枣叶片数的影响不显著;重度干旱胁迫(T<sub>3</sub>)下,沙枣根长、茎高、叶片数分别比对照下降了 35%, 31%, 28%, 和对照差异均显著。从上述结果可以看出,随着干旱胁迫程

度的加重,沙枣根长、株高、叶片数才开始受到影响,并且沙枣的根长最先受到影响,然后株高和叶片数才逐渐受到影响,重度干旱胁迫下,沙枣根长受影响最大,株高其次,叶片数受影响最小。

表 1 干旱胁迫对沙枣生长特性的影响

处 理	CK	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
根长/cm	11.67a	11.5a	9.23b	7.57c
株高/cm	9.60a	8.17ab	7.83b	6.63c
叶片数/片	11.0a	11.0a	11.00a	8.00b
根鲜重/g	0.164a	0.138a	0.076b	0.047c
根干重/g	0.099a	0.078a	0.056b	0.012c
茎鲜重/g	0.071a	0.056a	0.039b	0.021c
茎干重/g	0.021a	0.019a	0.015b	0.009c
叶鲜重/g	0.173a	0.162a	0.156a	0.058b
叶干重/g	0.023a	0.021a	0.021a	0.011b

注:表中同行各处理结果间标有不同字母者为 5% 水平差异显著。下同。

## 2.2 干旱胁迫对沙枣根茎叶鲜(干)重的影响

干旱胁迫下,沙枣根茎叶鲜重、干重的变化如表 1 所示。轻度干旱胁迫(T<sub>1</sub>)下,沙枣根茎叶鲜(干)重没有和对照产生显著差异;中度干旱胁迫(T<sub>2</sub>)下,根茎鲜(干)重开始产生显著差异,分别比对照下降了 54%(44%),45%(29%),但中度干旱胁迫没有对叶鲜(干)产生显著影响;重度干旱胁迫(T<sub>3</sub>)下,沙枣根茎叶鲜(干)重分别比对照下降了 71%(88%),70%(57%),64%(52%),和对照差异均显著。结果表明,沙枣的根鲜(干)重最先受到影响,然后茎和叶鲜(干)才逐渐受到影响,重度干旱胁迫下,沙枣根鲜(干)重受影响最大,茎鲜(干)重其次,叶鲜(干)重受影响最小。

## 2.3 干旱胁迫对沙枣叶片光合色素的影响

表 2 为沙枣叶片光合色素对干旱胁迫的不同响应。从表 2 中可以看出,随着干旱胁迫的加剧,沙枣叶绿素 a 含量先升高后下降,各处理和 CK 及各处理间差异均显著,在轻度胁迫下(T<sub>1</sub>),叶绿素 a 含量最高,高出 CK 36.8%,然后逐渐下降,T<sub>3</sub> 叶绿素 a 含量最低,低于 CK 4.8%。

叶绿素 b 含量变化趋势和叶绿素 a 含量变化趋势一致。在轻度胁迫下(T<sub>1</sub>),叶绿素 b 含量最高,高出 CK 60.1%。重度胁迫下(T<sub>3</sub>),叶绿素 b 含量最低,低于 CK 7.3%,各处理和 CK 及各处理间差异均显著。

沙枣叶绿素 a/b 值随着干旱胁迫的加剧先下降后上升,沙枣在轻度(T<sub>1</sub>)、中度胁迫(T<sub>2</sub>)下,分别比 CK 下降 14.5%和 8.7%。重度胁迫(T<sub>3</sub>),高出 CK 2.6%,各处理和 CK 及各处理间差异均显著。

随着干旱胁迫的加剧,沙枣叶绿素 a 和 b 总含量

先上升后下降,各处理和 CK 及各处理间差异均显著,沙枣在轻度(T<sub>1</sub>)、中度胁迫(T<sub>2</sub>)分别比 CK 上升 40.1%,18%,重度胁迫(T<sub>3</sub>)时下降 5.3%。

沙枣类胡萝卜素含量在轻度(T<sub>1</sub>)、中度胁迫(T<sub>2</sub>)下分别比 CK 上升 54.8%,31%。在重度胁迫(T<sub>3</sub>)下,虽然有所下降,但仍高出 CK 10%。统计分析表明,各处理和 CK 及各处理间差异均显著。

表 2 干旱胁迫对沙枣叶片色素含量的影响 mg/g

处 理	CK	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
叶绿素 a	1.250c	1.710a	1.450b	1.190d
叶绿素 b	0.248c	0.397a	0.315b	0.230d
叶绿素 a/b	5.040b	4.310c	4.600d	5.170a
叶绿素 a+b	1.500c	2.110a	1.770b	1.420d
类胡萝卜素	0.261d	0.404a	0.342b	0.287c

## 2.4 干旱胁迫下沙枣根茎叶中可溶性蛋白变化

图 1 表示干旱胁迫下沙枣根、茎、叶中可溶性蛋白的含量变化。从图 1 中可以看出,随着干旱胁迫的加剧,沙枣根中的可溶性蛋白先增加后下降,在轻度干旱胁迫下,沙枣根中的可溶性蛋白高出 CK 18.6%,中度和重度干旱胁迫下,沙枣根中可溶性蛋白有所下降,分别低于 CK 13.9%和 29.1%。

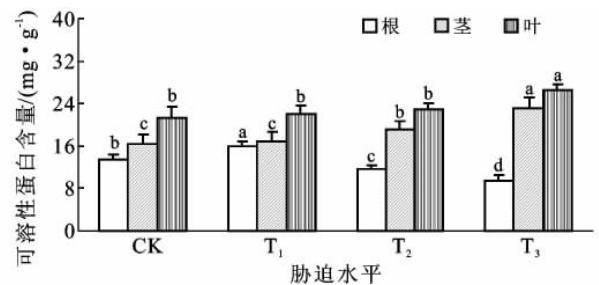


图 1 沙枣根、茎、叶中可溶性蛋白含量对干旱胁迫的响应

沙枣茎中的可溶性蛋白对干旱胁迫产生了不同的响应变化,在轻度干旱胁迫下,沙枣茎中的可溶性蛋白和 CK 差异不显著,中度和重度干旱胁迫下,沙枣茎中可溶性蛋白分别高出 CK 17.2%和 41.9%。

轻度和中度干旱胁迫没有对沙枣叶片中的可溶性蛋白产生显著影响,只有在重度干旱胁迫下,可溶性蛋白产生显著变化,高于 CK 24.3%,这说明沙枣叶中的可溶性蛋白对轻度和中度干旱的胁迫不敏感。

## 3 讨论

植物生长是许多生理过程综合作用的结果,干旱胁迫对植物个体的形态发育具有重要影响,整体表现为抑制植物的生长<sup>[9]</sup>。本研究表明,随着干旱胁迫程度的加重,沙枣根长、株高,叶片数才开始受到影响,

并且沙枣的根长最先受到影响,然后株高和叶片数才逐渐受到影响,并且根长受影响最大,株高其次,叶片数受影响最小。沙枣根茎叶干(鲜重)对于干旱胁迫的响应也表现出类似规律。从沙枣的生长指标来看,沙枣对于干旱胁迫具有较强的抗性,干旱胁迫较严重时,对各器官生长的抑制大小程度为:根>茎>叶,这可能和植物吸收运输水分过程相关。

干旱胁迫导致植物叶片中叶绿素含量的降低,是因为干旱胁迫不仅影响叶绿素的生物合成,而且加快已经合成的叶绿素的分解<sup>[10]</sup>。张明生等<sup>[11]</sup>对甘薯研究发现,叶绿素 a/b 比 CK 下降幅度越大,物种抗旱性越强。本研究发现,沙枣叶绿素 a 含量,叶绿素 b 含量,叶绿素 a+b 总含量均随着干旱胁迫的加剧先升高后下降,这可能是干旱胁迫程度较轻时,沙枣通过增强光合色素的含量来缓解外界干旱环境的胁迫,但胁迫强度较严重时,沙枣的这种缓解能力有所下降。林植芳等<sup>[12]</sup>和伍泽堂<sup>[13]</sup>认为这可能是活性氧对叶绿素的破坏造成的,并且叶绿素 a 对于干旱胁迫的反应较叶绿素 b 敏感。本研究中发现,叶绿素 b 对于干旱胁迫的反应较叶绿素 a 敏感,其原因还有待进一步研究。

类胡萝卜素既是光合色素,又是内源抗氧化剂,除在光合作用中具有一定的功能外,在细胞内还可吸收剩余能量,淬灭活性氧,防止膜脂过氧化<sup>[14]</sup>。本研究发现,沙枣叶中类胡萝卜素含量随着干旱胁迫的加剧先增加后下降,这说明轻度和中度干旱胁迫引起了沙枣叶中类胡萝卜素光合能力和淬灭活性氧的能力的增加,重度胁迫下,类胡萝卜素虽有所下降,但仍高于 CK,说明重度胁迫下,类胡萝卜素仍具较强的保护能力。

陈立松等<sup>[15]</sup>研究表明,抗旱性强的植物含有较高的可溶性蛋白,也有研究表明,随着干旱胁迫的加剧,可溶性蛋白呈下降趋势<sup>[16]</sup>。王俊刚等<sup>[17]</sup>认为干旱胁迫下可溶性蛋白的变化程度与抗旱性有关,抗旱性强的植物在受到干旱胁迫后,其蛋白合成维持在比较稳定的水平,可溶性蛋白含量变化很小。本研究表明,轻度和中度干旱胁迫没有对沙枣叶片中的可溶性蛋白产生显著影响,只有在重度干旱胁迫下,可溶性蛋白产生显著变化,高于 CK 24.3%;在轻度干旱胁迫下,沙枣茎中的可溶性蛋白比 CK 有所下降,中度和重度干旱胁迫下,沙枣茎中可溶性蛋白又有所增加,分别高出 CK 17.2%和 41.9%;在轻度干旱胁迫下,沙枣根中的可溶性蛋白高出 CK 18.6%,中度和重度干旱胁迫下,沙枣根中可溶性蛋白有所下降,分别低于 CK 13.9%,29.1%。

## [参 考 文 献]

- [1] 北京师范大学生物系. 北京植物志[M]. 北京:北京出版社,1984.
- [2] 张云贵,谢永红. PEG 在模拟植物干旱胁迫和组织培养中的应用[J]. 亚热带植物通讯,1994,23(2):61-64.
- [3] 孙景宽,张文辉,张洁明,等. 种子萌发期四种植物对干旱胁迫的响应及抗旱性评价[J]. 西北植物学报,2006,26(9):1811-1818.
- [4] 孙景宽,夏江宝,田家怡,等. 干旱胁迫对沙枣幼苗根茎叶保护酶系统的影响[J]. 江西农业大学学报,2009,31(5):1011-1016.
- [5] Michel B E, Kaufmann M R. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000[J]. Plant Physiology, 1973,51:914-916.
- [6] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000.
- [7] 李柏林,梅慧生. 燕麦叶片衰老与活性氧代谢的关系[J]. 植物生理学报,1989,15(1):6-12.
- [8] 张志良,瞿伟菁. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2003.
- [9] 贺少轩,梁宗锁,蔚丽珍,等. 土壤干旱对 2 个种源野生酸枣幼苗生长和生理特性的影响[J]. 西北植物学报,2009,29(7):1387-1393.
- [10] Alberte R S, Thornber J P, Fiscus E L. Water stress effects in the content and organization of chlorophyll in mesophyll and bundle sheath chloroplasts of maize [J]. Plant Physiology, 1977,59:381-353.
- [11] 张明生,谈峰. 水分胁迫下甘薯叶绿素 a/b 比值的变化及其与抗旱性的关系[J]. 种子,2001,20(4):23-25.
- [12] 林植芳,李双顺,林桂珠,等. 水稻叶片的衰老与超氧化物歧化酶活性及脂质过氧化作用的关系[J]. 植物学报,1984,26(6):605-615.
- [13] 伍泽堂. 超氧自由基与叶片衰老时叶绿素破坏的关系[J]. 植物生理学通讯,1991,27(4):277-279.
- [14] Willekens H, van Cam P W, van Montagu M, et al. Ozone, sulfur dioxide, and ozone ultraviolet B have similar effect on mRNA accumulation of antioxidant genes in *Nicotiana plumbaginifolia* L [J]. Plant Physiol, 1994,106:1007-1014.
- [15] 陈立松,刘星辉. 水分胁迫对荔枝叶片氮和核酸代谢的影响及其与抗旱性的关系[J]. 植物生理学报,1999,25(1):49-56.
- [16] Clifford S C, Arndt S K, Corlett J E, et al. The role of solute accumulation, osmotic adjustment and changes in cell wall elasticity in drought tolerance in *Ziziphys mauritiana* (Lamk.) [J]. Journal of Experimental Botany, 1998,323:967-977.
- [17] 王俊刚,陈国昌,张承烈. 水分胁迫对 2 种生态型芦苇 (*Phragmites communis*) 的可溶性蛋白含量, SOD, POD, CAT 活性的影响[J]. 西北植物学报,2002,22(3):561-565.