

# 干旱对结缕草光合特征及光合响应曲线的影响

胡化广<sup>1</sup>, 张振铭<sup>1</sup>, 季芳芳<sup>1</sup>, 刘建秀<sup>2</sup>, 顾瑜<sup>1</sup>

(1. 盐城师范学院 生命科学与技术学院, 江苏 盐城 224051; 2. 江苏省中国科学院 植物研究所(南京中山植物园), 江苏 南京 210014)

**摘要:**以长期水分利用效率有显著差异的 2 份结缕草种源 Z109 和 Z054 为试材,研究了干旱胁迫对其光合特性和光合响应曲线的影响。结果表明:干旱胁迫下 Z109 的光合速率、气孔导度、蒸腾速率、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度和水分利用效率的变化不显著;而 Z054 在干旱胁迫下光合速率、气孔导度、蒸腾速率以及瞬间水分利用效率显著下降,胞间 CO<sub>2</sub> 浓度显著上升,潜在水分利用效率变化不显著,说明干旱对 Z109 光合特征影响较小,Z109 比 Z054 更适应干旱胁迫。在干旱胁迫下,2 份种源光合响应曲线变化一致,其最大光合速率均下降,而光补偿点和光饱和点均上升。

**关键词:**干旱胁迫;结缕草;光合特征;光合响应曲线

**中图分类号:**S 688.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)23-0049-05

植物的光合作用与环境关系密切,光照、温度、湿度、CO<sub>2</sub> 浓度等环境因子的变化均影响植物的光合特征<sup>[1]</sup>。干旱是影响植物生长的最重要的环境因子,尤其是在我国华北、西北等地水资源匮乏的地域,水分已成为当地环境建设、园林绿化重要的限制因子,因此研究干旱胁迫下植物的光合特性和光合响应是揭示植物适应干旱胁迫机理的有效途径。

结缕草(*Zoysia japonica* Steud.)是起源于我国的优良暖季型草坪草,因具有非常强的抗逆性、耐旱、耐盐碱、病虫害较少,耐磨性、耐寒性较强,在低水平养护下亦有不俗的表现,是国内外公认的典型的环保型草坪草,可广泛应用于观赏草坪、休憩草坪、运动草坪以及保土草坪上,在中国、日本、韩国以及美国南北过渡带广为应用<sup>[2]</sup>。国外很早就开始了草坪草的光合和蒸散研究<sup>[3-5]</sup>,国内关于草坪草的光合生理研究起步较晚,近年来我国的一些草坪科技工作者已经研究了不同草坪草光合特征的日变化特点<sup>[6-10]</sup>,以及不同环境下草坪草的光合特征和光合响应曲线开展了研究<sup>[11-13]</sup>,这些研究对于指导草坪灌溉,进一步揭示光合作用机理具有重要的作用。长期水分利用效率被认为是植物最具潜力的节水性状,被定义为整个生长季节干物质的积累量与所消耗水分的比值<sup>[1]</sup>;但是目前关于干旱对不同长期水分利用效率结缕草的光合特征和光合响应曲线影响的研究尚鲜见报道。

该研究在对我国结缕草属(*Zoysia* Willd.)植物种质资源长期水分利用效率评价的基础上,以长期水分利用效率有显著差异的 2 份结缕草种源为试材,对其干旱胁迫下光合特征及光合响应曲线进行研究,以期揭示水分高效利用机理以及指导节水灌溉提供试验依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验在江苏省中国科学院植物研究所进行,位于南京市紫金山南麓(北纬 32°01',东经 118°48'),海拔 55 m,属亚热带季风温暖湿润气候,年最高气温 40.7℃,年最低气温 -14.0℃,年均气温 15.3℃,年均降水量 1 013.0 mm。

### 1.2 试验方法

根据 2012 年对 54 份中国结缕草属植物长期水分利用效率评价的结果<sup>[14]</sup>,选择长期水分利用效率有显著差异的 2 份种源 Z109(高水分利用效率种源,取样于辽宁大连)和 Z054(低水分利用效率种源,取样于江苏南京),将其草皮块种植于高 40 cm、管口内径为 10 cm 的圆柱体 PVC 管中,管底部用圆形盖子盖上,盖子上有圆孔以排水。栽培基质为河沙:草炭=2:1,每份种源 8 次重复,其中 4 次重复作对照(正常灌溉,隔天浇水),另 4 次重复作干旱处理。除施肥浇水外不做其它管理。采用环刀法测定栽培基质的最大持水量,待每管材料的盖度均达到 100%开始处理,采用称重法测定栽培基质含水量,使其栽培基质含水量保持在最大持水量的 50%(中度干旱胁迫)。

### 1.3 项目测定

由于结缕草的叶片较小,在测定前选择健康、长势一致、无病斑的叶片事先做标记,每重复标记 3 片叶片作为待测叶片,测定结束后剪下叶片,参照肖强等<sup>[15]</sup>

**第一作者简介:**胡化广(1979-),男,河南濮阳人,硕士,讲师,现主要从事暖季型草坪草抗旱节水等研究工作。E-mail:hhgjy@163.com.

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(31101561)。

**收稿日期:**2014-07-10

的方法计算叶面积。用 Li-6400XT 便携式光合测定仪 (Li-cor 公司, 美国) 在晴天 10:00 在光照强度  $1\ 000\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  下测定标记的叶片中部的净光合速率  $P_n$  (net photosynthetic rate,  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )、蒸腾速率  $Tr$  (transpiration rate,  $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )、气孔导度  $Cond$  (stomatal conductance,  $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )、胞间  $\text{CO}_2$  浓度  $C_i$  (inter-cellular  $\text{CO}_2$  concentration,  $\mu\text{mol}/\text{mol}$ ) 等光合特征, 瞬间水分利用效率 ( $WUE$ ) 采用  $P_n/Tr$  计算, 潜在水分利用效率 ( $WUE_i$ ) 采用  $P_n/Cond$  计算。

光合响应曲线测定使用开放气路,  $\text{CO}_2$  浓度保持在  $360\ \mu\text{mol}/\text{mol}$ , 光照强度由强到弱, 依次设定光合有效辐射强度 (PAR) 为  $1\ 200$ 、 $1\ 000$ 、 $800$ 、 $600$ 、 $400$ 、 $200$ 、 $150$ 、 $100$ 、 $80$ 、 $60$ 、 $40$ 、 $20$ 、 $0\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , 测定时每个光照强度下平衡 3 min, 得到叶片净光合速率。

#### 1.4 数据分析

数据采用 Excel 和 SPSS (Version 20.0) 软件进行处理, 利用 Photosyn assistant 软件进行光曲线的拟合, 计算出最大净光合速率 (Maximum Assimilation Rate,  $A_{\text{max}}$ )、光饱和点 (Light Saturation Point, LSP) 和光补

偿点 (Light Compensation Point, LCP)。

## 2 结果与分析

### 2.1 干旱胁迫对结缕草净光合速率和蒸腾速率的影响

在正常供水条件下, Z109 的净光合速率显著地高于 Z054, 干旱胁迫后 2 份种源的净光合速率均下降 (图 1A), Z109 的净光合速率由  $25.34\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  下降到  $21.99\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , 下降了  $13.22\%$ , 但差异不显著; Z054 的净光合速率由  $20.16\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  下降到  $15.78\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , 显著下降了  $21.73\%$ 。干旱处理后 Z109 的净光合速率仍然显著高于 Z054。说明干旱胁迫对 Z054 的净光合速率影响较大。

正常供水条件下, Z109 的蒸腾速率显著地高于 Z054, 经过干旱胁迫处理后, 2 份种源的蒸腾速率均有所下降 (图 1B), Z109 蒸腾速率由  $5.52\ \text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  下降到  $5.02\ \text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , 下降了  $9.06\%$ , 但差异不显著; 干旱显著的降低了 Z054 的蒸腾速率, 由  $4.76\ \text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  下降到  $3.80\ \text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , 显著下降了  $20.17\%$ 。说明干旱胁迫对 Z054 的蒸腾速率影响较大。

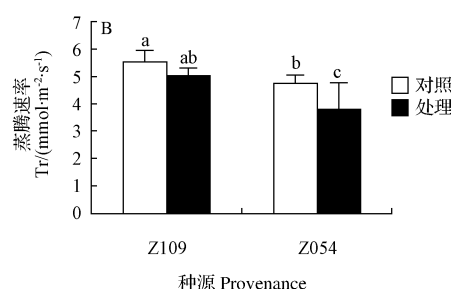
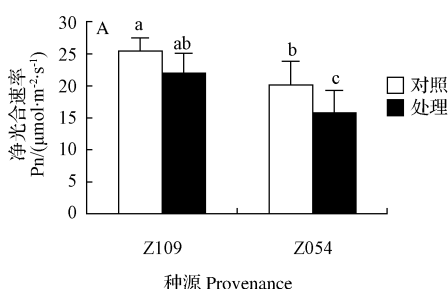


图 1 干旱胁迫对结缕草净光合速率和蒸腾速率的影响

Fig. 1 Effect of drought stress on  $P_n$  and  $Tr$  of *Zoysia japonica*

### 2.2 干旱胁迫对结缕草气孔导度和胞间 $\text{CO}_2$ 浓度的影响

正常供水情况下, 2 份种源的气孔导度无显著差异, 经过干旱处理后, 2 份种源的气孔导度均下降 (图 2A), Z109 的气孔导度由  $0.149\ \text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  下降到  $0.144\ \text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , 下降了  $3.36\%$ , 但与对照相比差异不显著, 干旱显著降低了 Z054 的气孔导度, 由

$0.136\ \text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  下降到  $0.109\ \text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , 下降了  $19.85\%$ 。

在正常供水条件下, Z054 胞间  $\text{CO}_2$  浓度明显高于 Z109, 经过干旱处理后, 2 份种源的胞间  $\text{CO}_2$  浓度均有所升高 (图 2B), Z109 胞间  $\text{CO}_2$  浓度由  $108.36\ \mu\text{mol}/\text{mol}$  上升到  $139.88\ \mu\text{mol}/\text{mol}$ , 上升了  $29.09\%$ , 但差异不显著, 干旱使 Z054 胞间  $\text{CO}_2$  浓度显著升高, 由

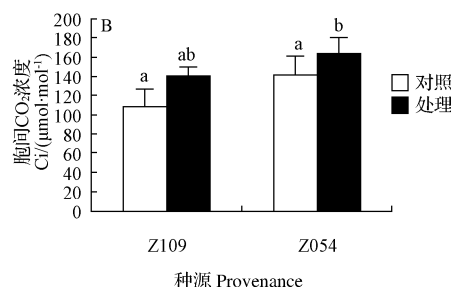
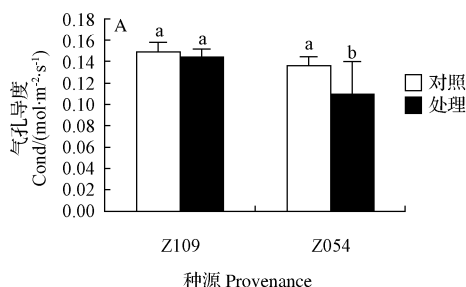


图 2 干旱胁迫对结缕草气孔导度和胞间  $\text{CO}_2$  浓度的影响

Fig. 2 Effect of drought stress on  $Cond$  and  $C_i$  of *Zoysia japonica*

141.47  $\mu\text{mol}/\text{mol}$  上升到 163.54  $\mu\text{mol}/\text{mol}$ , 显著上升了 15.60%。

2.3 干旱胁迫对结缕草水分利用效率的影响

在正常供水条件下,Z109 与 Z054 水分利用效率没有显著差异,经过干旱胁迫后,Z109 的水分利用效率下降幅度小于 Z054,2 份种源的水分利用效率与对照相比分别下降了 5.12%和 19.27%,但是 Z109 的水分利用效

率仍然显著高于 Z054(图 3A)。

2 份种源的潜在水分利用效率在正常供水条件下没有显著差异,经过中度干旱胁迫后,Z109 的潜在水分利用效率下降了 10.32%,Z054 的潜在水分利用效率下降了 8.47%,但是 2 份种源相比潜在水分利用效率没有显著差异(图 3B)。

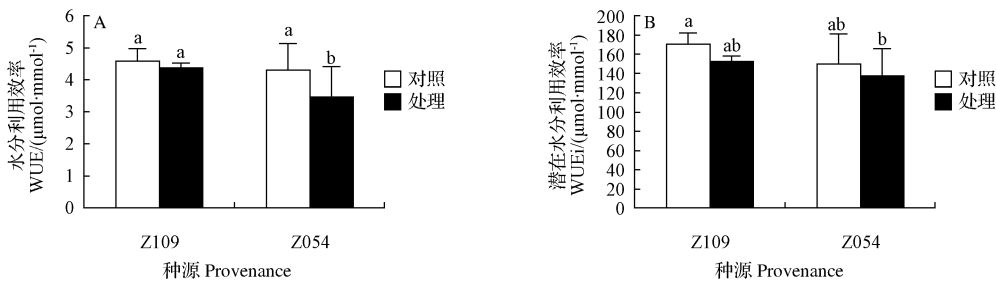


图 3 干旱胁迫对结缕草水分利用效率的影响

Fig. 3 Effect of drought stress on water use efficiency of *Zoysia japonica*

2.4 干旱胁迫对结缕草光合响应曲线和气体交换参数的影响

无论是正常浇水还是干旱处理,2 份种源光合响应曲线的变化趋势一致(图 4),在 0~400  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  光合有效辐射范围内,净光合速率迅速增大,在 400~1 000  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  光合有效辐射范围内,净光合速

率增幅渐趋平缓,达到了植物的光饱和点之后,随着光合有效辐射的进一步增大,净光合速率反而下降。2 份种源的光合响应曲线反映了它们在同一生境下光能利用效率的不同,由图 4 可以看出,Z109 无论是在干旱胁迫下还是正常情况下,对光能的利用效率均高于 Z054。

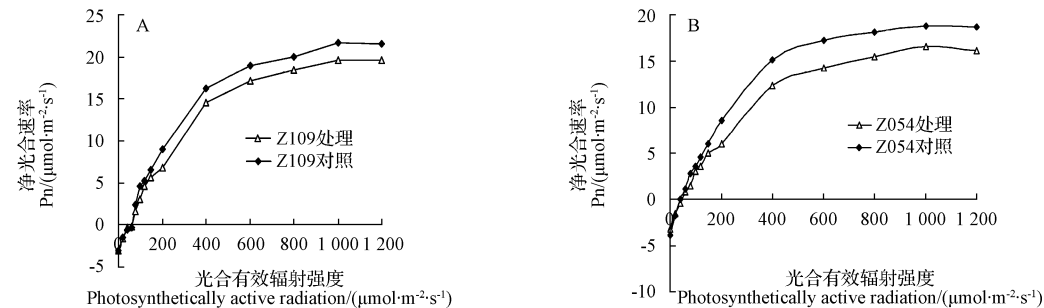


图 4 干旱胁迫对结缕草光合响应曲线的影响

Fig. 4 Effect of drought stress on photosynthetic response curves of *Zoysia japonica*

用光合助手软件拟合获得了结缕草在正常浇水和干旱胁迫下的最大光合速率、光补偿点和光饱和点,由表 1 可知,干旱胁迫抑制了 Z109 和 Z054 的最大光合速率,2 份种源的最大光合速率分别降低了 7.8%和 13.4%,Z109 最大光合速率降低的幅度小于 Z054,说明

干旱胁迫对 Z109 的最大光合速率影响较小。干旱胁迫使 Z109 和 Z054 的光补偿点和光饱和点增加,2 份种源的光补偿点分别增加了 18.8%和 10.5%,光饱和点分别增加了 3.6%和 6.3%,Z109 的光补偿点增幅大于 Z054,但光饱和点的增幅小于 Z054。

表 1 干旱胁迫对 2 种结缕草最大光合速率、光补偿点、光饱和点的影响

Table 1 Effect of drought stress on Amax,LCP and LSP of *Zoysia japonica*

种源 Provenance	干旱胁迫 Drought stress	最大光合速率 Amax /( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	光补偿点 LCP /( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	光饱和点 LSP /( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )
Z109	对照 CK	25.6	38.4	1 123.2
	处理 Tr	23.6	45.6	1 164.0
Z054	对照 CK	23.2	45.6	950.4
	处理 Tr	20.1	50.4	1 010.4

### 3 结论与讨论

光合作用利用光能将  $\text{CO}_2$  和水合成碳水化合物,为植物的生长提供能量和碳架。水分状况是影响植物光合作用的重要因素<sup>[10]</sup>,已有研究发现,土壤水分对光合作用的影响是通过影响气孔导度进行的,气孔导度的变化直接影响光合作用和蒸腾作用<sup>[11]</sup>。该研究发现在中度干旱胁迫下,长期水分利用效率较高的 Z109 虽然光合速率、气孔导度、蒸腾速率下降,胞间  $\text{CO}_2$  浓度上升,但是这些光合特征的改变并不显著,其水分利用效率和潜在水分利用效率变化也不显著;而长期水分利用效率较低的 Z054 光合速率、气孔导度、蒸腾速率显著下降,胞间  $\text{CO}_2$  浓度显著上升,但是其水分利用效率显著下降,潜在水分利用效率下降不显著。由此说明中度干旱胁迫对 Z109 的光合特征影响不大,在中度干旱胁迫下仍能保持较高的光合速率和水分利用效率,因此 Z109 比 Z054 更适应于干旱胁迫。

叶片最大净光合速率可以反映植物叶片的最大光合能力;该研究中,2 份种源的最大光合速率在干旱胁迫下均下降,但无论是正常浇水还是中度干旱处理,Z109 的最大光合速率均大于 Z054,表明 Z109 具有更强的光合能力。光补偿点是指植物光合速率与呼吸速率相等时的光照强度,是表示植物利用弱光能力大小的重要指标,该值越小表明植物利用弱光的能力越强;而光饱和点是植物利用强光能力大小的指标<sup>[15]</sup>。2 份结缕草种源的光补偿点及光饱和点在干旱胁迫下增加,2 份种源相比较,Z054 的光补偿点较 Z109 高,Z109 的光饱和点较 Z054 高,说明 Z054 有较强的弱光利用能力,Z109 有较强的强光利用能力。

植物的光合类型可以分为  $\text{C}_3$  途径、 $\text{C}_4$  途径以及景天科途径等<sup>[17]</sup>,结缕草被报道为  $\text{C}_4$  植物<sup>[2]</sup>,一般来说, $\text{C}_4$  具有较高的光合特性,特别是在逆境条件下,如高温和干旱。Z109 和 Z054 都是日本结缕草,但是在干旱胁迫下,2 份种源的光合特征以及对光合响应均不同,原因可能是与 2 份种源的小生境有关,Z109 在干旱条件下具

有较高的光合特征可能与长期生活在水分较少的环境有关,从而形成了光合上的适应,这个问题有待于进一步研究。

### 参考文献

- [1] 胡化广,张振铭,吴生才,等. 植物水分利用效率及其机理研究进展[J]. 节水灌溉,2013(3):11-15.
- [2] 郭海林,刘建秀. 结缕草属植物育种进展概述[J]. 草业学报,2004,13(3):106-112.
- [3] Beard J B. An assessment of water use by turfgrass[C]//In Gibeault V A, Cockerham S T(ed). Turfgrass water conservation. Oakland: Cooper Ext Pub, 21405, Univ of California, 1985.
- [4] Bowman D C, Macaulay L. Comparative evapotranspiration rates of tall fescue cultivars[J]. Hort Science, 1991, 26:122-123.
- [5] Carrow R N. Drought avoidance characteristics of diverse tall fescue cultivars[J]. Crop Sci, 1996, 36:371-377.
- [6] 丁小球,胡玉佳,王榕楷. 三种草坪草净光合速率和蒸腾速率的日变化特点研究[J]. 草业科学, 2001, 18(2):62-66.
- [7] 武畅,刘卫东,谭雯,等. 暖季型草坪草光合蒸腾速率日变化研究[J]. 河南林业科技, 2008, 28(1):13-15.
- [8] 刘海东,杨永利,韩烈保. 天津滨海区草坪草净光合与蒸腾速率日变化特征[J]. 草地学报, 2006, 14(4):373-378.
- [9] 高凯. 北京地区六种草坪草蒸散量和光合作用的研究[D]. 兰州:甘肃农业大学, 2004.
- [10] 蹇洪英,邹寿青. 地毯草的光合特性研究[J]. 广西植物, 2003, 23(2):181-184.
- [11] 黄娟,夏汉平,蔡锡安. 遮光处理对三种钝叶草的生长习性与光合特性的影响[J]. 生态学杂志, 2006, 25(7):759-764.
- [12] 王英宇,杨建,韩烈保. 不同灌溉量对草坪草光合作用的影响[J]. 北京林业大学学报, 2006, 8(1):26-31.
- [13] 葛晋纲,蔡庆生,周兴元,等. 土壤干旱胁迫对 2 种不同光合类型草坪草的光合特性和水分利用率的影响[J]. 草业科学, 2005(4):103-107.
- [14] 胡化广. 中国结缕草属植物种质资源长期水分利用效率变异分析[C]//中国草学会草坪专业委员会第八届全国会员代表大会暨十三次学术研讨会, 2012.
- [15] 肖强,叶文景,朱珠,等. 利用数码相机和 Photoshop 软件非破坏性测定叶面积的简便方法[J]. 生态学杂志, 2005, 24(6):711-714.
- [16] 潘瑞炽. 植物生理学[M]. 5 版. 北京:高等教育出版社, 2004.
- [17] 梁开明,曹洪麟,徐志防,等. 台湾青枣及野生种的光合作用日变化及光响应特征[J]. 园艺学报, 2008, 35(6):793-798.

## Effect of Drought Stress on Photosynthetic Characteristics and Photosynthetic Response Curve of *Zoysia japonica*

HU Hua-guang<sup>1</sup>, ZHANG Zhen-ming<sup>1</sup>, JI Fang-fang<sup>1</sup>, LIU Jian-xiu<sup>2</sup>, GU Yu<sup>1</sup>

(1. School of Life Science and Technology, Yancheng Teachers University, Yancheng, Jiangsu 224051; 2. Institute of Botany, Jiangsu Province and Chinese Academy of Sciences, Nanjing Botanical Garden, Nanjing, Jiangsu 210014)

**Abstract:** Taking Z109 and Z054 which long-term water use efficiency was significant difference as materials, effects of drought stress on their photosynthetic characteristics and photosynthetic response curve were studied. The results showed that net photosynthetic rate, stomatal conductance, transpiration rate, inter-cellular  $\text{CO}_2$  concentration and water use efficiency of Z109 did not change significantly; but net photosynthetic rate, stomatal conductance, transpiration rate of



# 吲哚乙酸和激动素对苦草种子萌发和幼苗生长的影响

左进城, 李秀玲, 张 鹏, 解卫海, 周瑞莲, 胡德昌

(鲁东大学 生命科学院, 山东 烟台 264000)

**摘 要:**为提高富营养化水体中以种子恢复苦草的效率,研究了 0(CK)、50、100、150、200 mg/L 的吲哚乙酸(IAA)和激动素(KT)处理 24 h 和 48 h 后,苦草种子的萌发与幼苗的生长状况。结果表明:适当的浓度和浸种时间处理能显著促进种子的萌发、提高幼苗的株高和干重,但各处理对幼苗根冠比的影响不明显。种子的萌发对 IAA 和 KT 呈现较明显的浓度敏感性和处理时间敏感性,150 mg/L 的 IAA 浸种 24 h 和 100 mg/L 的 KT 浸种 48 h 能明显促进苦草种子的萌发,而 200 mg/L 的 IAA 处理 48 h,150、200 mg/L 的 KT 处理 24 h 或 48 h 均有明显的抑制作用。处理时间相同时,各浓度的 IAA 对苦草株高的促进作用显著地大于 KT( $P < 0.05$ )。150 mg/L 的 IAA 处理 24 h 和 100 mg/L 的 IAA 处理 48 h 对株高的促进作用最显著( $P < 0.05$ )。100 mg/L 的 IAA 处理 24 h 和 100 mg/L 的 KT 处理 24 h 对干重的促进作用最显著( $P < 0.05$ )。综合各指标,150 mg/L 的 IAA 处理 24 h 效果最好。

**关键词:**富营养化;沉水植物;苦草;吲哚乙酸;激动素

**中图分类号:**X 17;S 555<sup>+</sup>.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)23-0053-04

湖泊富营养化危害严重<sup>[1]</sup>,恢复沉水植物是富营养化湖泊生态恢复的重要措施之一<sup>[2-4]</sup>。苦草(*Vallisneria spiralis*)属水鳖科苦草属(*Vallisneria*)沉水植物,广泛分布于我国南北各省,能产生大量的种子,具有很好的净化功能、景观功能和生态功能,常用于水体的生态修复<sup>[5-6]</sup>。

恢复苦草主要有移栽成苗和撒播种子 2 种方式。移栽苦草成活率较高,但成苗的采集、运输和栽植成本高,而且会对成苗供给地带来生态破坏,不适于大面积

实施。水产养殖中常用种子繁殖苦草,但在富营养化水体中撒播种子的成苗率较低。这可能是因为富营养化水体中的光照强度低、底泥厌氧程度高和鱼类牧食强度大等因素阻碍了种子的萌发和幼苗的生长。通常,植物的发芽期和幼苗期更容易受到外界因素的胁迫。因此,在富营养化水体中以撒播种子的方式恢复苦草时,如果能有效缩短种子的萌发时间并促进幼苗的生长,将会减轻苦草受到的胁迫,大幅提高恢复的成功率,并节约大量时间和成本。

吲哚乙酸(IAA)和激动素(KT)在农业生产中具有促进种子发芽和幼苗生长的作用<sup>[7-8]</sup>,但用于促进沉水植物种子萌发和幼苗生长的报道较少<sup>[9]</sup>。因此,该研究考察了 IAA 和 KT 处理对苦草种子的萌发和幼苗的生长状况,以期为促进富营养化水体中苦草的恢复提供参考。

**第一作者简介:**左进城(1978-),男,博士,讲师,现主要从事水生生态学等研究工作。E-mail:zuo2008@hotmail.com.

**基金项目:**国家“十二五”水专项资助项目(2012ZX07101007-005);山东省自然科学基金资助项目(ZR2013CQ026);鲁东大学博士基金资助项目。

**收稿日期:**2014-07-14

Z054 reduced significantly, intercellular CO<sub>2</sub> concentration raised significantly, potential water use efficiency did not change significantly. It implied that the impact of drought on Z109 was smaller than Z054, and Z109 was more adaptable to drought compared with Z054. Photosynthetic response curve of two accessions changed dentically, and maximum assimilation rate of Z109 and Z054 raised, but light compensation point and light saturation point reduced.

**Keywords:** drought stress; *Zoysia japonica*; photosynthetic characteristics; photosynthetic response curve