

# 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 dentially, 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

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试苦草种子购买于南京固城湖。培养苦草种子用的塑料盒规格为 12 cm×8 cm×4 cm,铺满塘泥。塑料盒放于 3 个水箱中培养,水箱内长、内宽和内深分别为 70、53、42 cm。水箱中铺 6 cm 厚的塘泥,注入适量自来水,试验开始时已放置 2 d。

用佳宝 3018 型自动恒温加热棒控制水温在 20℃ 左右。试验用塘泥干重的总磷、总氮含量分别为(0.32±0.04)mg/g、(1.58±0.21)mg/g。水箱中注水 2 d 后,水体总磷、总氮含量分别为(0.12±0.03)mg/L、(1.62±0.31)mg/L。

### 1.2 试验方法

IAA 和 KT 纯度均为 99%,折算成纯物质后,配制 50、100、150、200 mg/L 的溶液,以 0 mg/L 为对照(CK)。取适量成熟的种荚分别浸泡 24 h 和 48 h 后挤出种子,洗去粘液。选取饱满的种子,用牙签轻轻插入塑料盒的塘泥中约 0.5 cm,再把塑料盒轻轻放入水箱中培养。每处理 3 次重复,每重复 30 粒种子。每 5 d 记录发芽数,5 周后结束试验,计算累积发芽率。统计每株的株高后,在 70℃ 下烘干 24 h,测量根和枝叶的干重,计算根冠比。

### 1.3 数据分析

试验数据采用 SPSS 19.0 软件进行方差分析,多重

比较用 Duncan 法。

## 2 结果与分析

### 2.1 IAA 和 KT 处理后苦草种子发芽率

由图 1A 可知,IAA 处理 24 h 后,各浓度均能明显地促进苦草种子的萌发;其中,150 mg/L 的浓度促进作用最明显( $P<0.05$ ),100 mg/L 的作用次之( $P<0.05$ ),50、200 mg/L 的浓度在 20 d 之后表现出明显地促进作用( $P<0.05$ )。由图 1B 可知,IAA 处理 48 h 后,50、100、150 mg/L 的浓度能明显地促进种子萌发( $P<0.05$ ),其中 100 mg/L 的浓度促进作用最明显;200 mg/L 的浓度能明显抑制种子萌发( $P<0.05$ )。由图 1C 可知,KT 处理 24 h 后,100 mg/L 的浓度对苦草种子萌发的促进作用最明显( $P<0.05$ ),50 mg/L 的作用次之,150、200 mg/L 的浓度在试验中后期表现出明显的抑制作用( $P<0.05$ )。由图 1D 可知,KT 处理 48 h 后,100 mg/L 的浓度对苦草种子萌发的促进作用最明显( $P<0.05$ );150、200 mg/L 的浓度表现出明显的抑制作用( $P<0.05$ ),其中 200 mg/L 的抑制作用最显著。

由图 1 可知,IAA 处理时,150 mg/L 处理 24 h 对苦草种子萌发的促进作用最显著( $P<0.05$ );KT 处理时,100 mg/L 处理 48 h 的促进作用显著( $P<0.05$ )。150 mg/L 的 IAA 处理 24 h 的效果要明显好于 KT 处理 48 h( $P<0.05$ )。

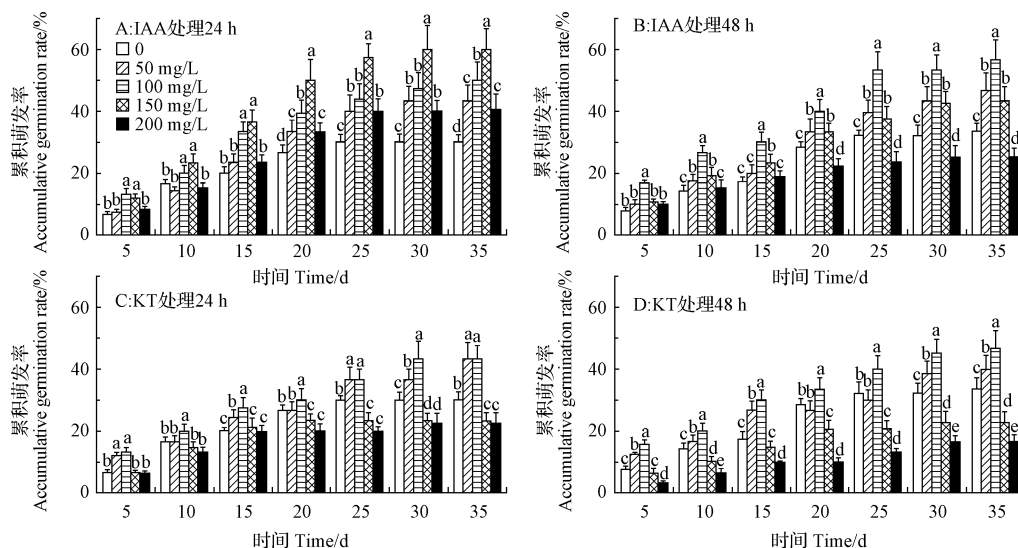


图 1 IAA 和 KT 处理后苦草种子各时间段的累积萌发率

Fig. 1 The accumulative germination rates of the *V. spiralis* seeds after soaked in IAA and KT

### 2.2 IAA 和 KT 处理后苦草幼苗株高

由图 2A 可知,IAA 处理后,各处理的株高比对照均有所提高。处理 24 h 时,50、100、150 mg/L 处理的株高显著地大于对照( $P<0.05$ ),200 mg/L 处理与对照的差

异不显著;处理 48 h 时,100 mg/L 处理的株高显著地大于对照( $P<0.05$ ),其余各处理间差异不显著;150 mg/L 处理 24 h 与 100 mg/L 处理 48 h 差异不显著( $P>0.05$ )。由图 2B 可知,KT 处理 24 h 时,株高比对照均

有所提高;100 mg/L 处理的株高显著地大于对照和 200 mg/L 处理( $P<0.05$ );KT 处理 48 h 时,100 mg/L 处理的株高显著地大于其它处理( $P<0.05$ ),150、200 mg/L 处理的株高显著地小于对照及其它处理( $P<0.05$ )。

图 2 表明,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 处理( $P<0.05$ )。

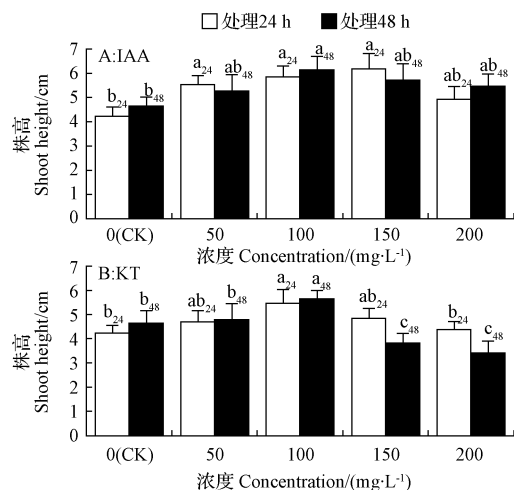


图 2 IAA 和 KT 处理后苦草幼苗的株高

Fig. 2 Shoot height of the seedlings after seeds soaked in IAA and KT

### 2.3 IAA 和 KT 处理后苦草幼苗干重

由图 3A 可知,IAA 处理后,各处理的幼苗干重比对照均有所提高。处理 24 h 时,100、150 mg/L 处理的干重显著地大于其它处理( $P<0.05$ );处理 48 h 时,100 mg/L 处理的干重显著地大于对照( $P<0.05$ ),其余各处理间差异不显著( $P>0.05$ )。由图 3B 可知,KT 处理 24 h 时,幼苗干重比对照均有所提高;50、100、150 mg/L 处理的干重显著地大于对照和 200 mg/L 处理( $P<0.05$ );处理 48 h 时,50、100 mg/L 处理的干重显著地大于其它处理( $P<0.05$ ),150、200 mg/L 处理的干重显著地小于对照及其它处理( $P<0.05$ )。

由图 3 可知,200 mg/L 的 IAA 处理 24 h,150、200 mg/L 的 IAA 处理 48 h 对苦草干重的促进作用显著地大于相应 KT 处理( $P<0.05$ )。

### 2.4 IAA 和 KT 处理后苦草幼苗根冠比

由图 4 可知,各处理中苦草幼苗的根冠比差异不显著( $P>0.05$ ),这表明 IAA 和 KT 处理没有明显影响到苦草幼苗地上部和地下部的生物量分配比例。

## 3 讨论

苦草种子产量大,但个体细小,长度约 0.8~1.2 mm,千粒鲜重仅 21.65 g;苦草种子萌发率较低,试验状态下不足 70%,而且萌发不整齐,历期较长,可达 7~8 周<sup>[10-11]</sup>。该试验结果与上述研究类似,试验期间不断有

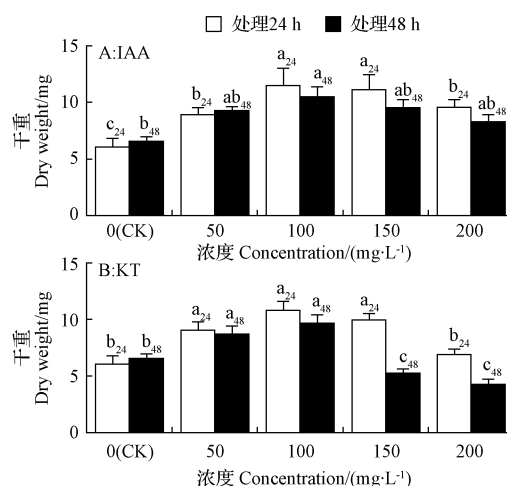


图 3 IAA 和 KT 处理后苦草幼苗的干重

Fig. 3 Dry weight of the seedlings after seeds soaked in IAA and KT

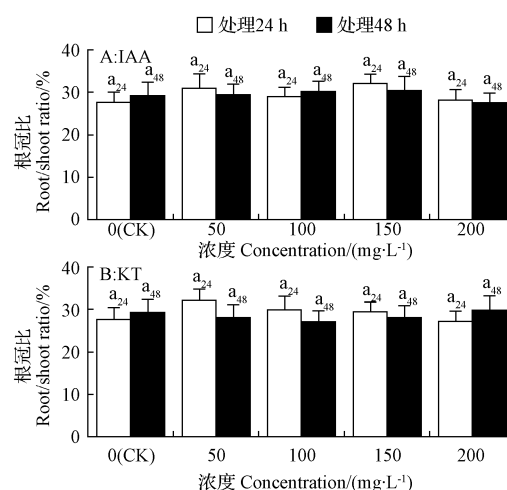


图 4 IAA 和 KT 处理后苦草幼苗的根冠比

Fig. 4 Root/shoot ratio of the seedlings after seeds soaked in IAA and KT

苦草种子萌发,第 35 天时最大萌发率接近 60%。这种萌发不整齐的特性,可以帮助苦草规避一定的生态风险,但在富营养化水体中,萌发时间越长,所受的胁迫越大,苦草种子萌发并生长成幼苗的可能性就越小。

施和平等<sup>[12]</sup>研究表明,KT 浸种能促进三裂叶野葛 (*Pueraria phaseoloides*) 种子的萌发;宋科等<sup>[13]</sup>发现 IAA 处理能够提高盐胁迫下番茄 (*Lycopersicon esculentum*) 种子的萌发率和发芽指数。该研究结果也表明,适当浓度和浸种时间处理能促进苦草种子的萌发。150 mg/L 的 IAA 浸种 24 h 和 100 mg/L 的 KT 浸种 48 h 对苦草种子萌发的促进作用较好。此外,IAA 处理 24 h 时,200 mg/L 的促进作用明显小于 150 mg/L,处理 48 h 时,150 mg/L 和 200 mg/L 的促进作用明显小于 100 mg/L;KT 处理 24 h 或 48 h 时,150、200 mg/L 的浓度对种子萌发具有抑制作用,而且处理 48 h 时 200 mg/L 的抑制作用明显大于

150 mg/L。这表明苦草种子的萌发对 IAA 或 KT 有较明显的时间敏感性和浓度敏感性。

IAA 和 KT 在农业生产上应用较广泛。IAA 处理能够增加番茄幼苗的鲜重与株高<sup>[13]</sup>;KT 可有效地提高黄瓜(*Cucumis sativus*)幼苗叶片中叶绿素的含量,增强叶片的光合作用并增加叶片干重<sup>[6]</sup>。该研究也表明,适当的 IAA 和 KT 处理能促进苦草幼苗的株高和干重的增长,这将有利于苦草幼苗在富营养化水体中快速生长。

有研究发现 IAA 能明显缓解  $Al^{3+}$  对大豆的毒害作用<sup>[14]</sup>,KT 能提高玉米(*Zea mays*)叶片中过氧化物酶和过氧化氢酶活性,缓解镉对植物的毒害作用<sup>[15-16]</sup>。这表明 IAA 和 KT 处理有助于植物缓解外界胁迫。因此,适当的 IAA 和 KT 浸种也有可能提高苦草种子和幼苗的抗逆境胁迫能力,这也将有利于富营养水体中以撒播种子的方式恢复苦草。

### 参考文献

- [1] 刘旭富,石青. 五种水生植物对富营养化水体净化能力的研究[J]. 北方园艺,2012(22):54-56.
- [2] 胡彦春,魏铮,洪剑明. 两种水生植物净化生活污水的影响因素研究[J]. 北方园艺,2008(6):31-33.
- [3] Dai Y, Jia C, Liang W, et al. Effects of the submerged macrophyte *Ceratophyllum demersum* L. on restoration of a eutrophic waterbody and its optimal coverage[J]. Ecological Engineering, 2012, 40: 113-116.
- [4] Rodrigo M A, Rojo C, Alonso-Guillen J L, et al. Restoration of two small Mediterranean lagoons: The dynamics of submerged macrophytes and factors that affect the success of revegetation[J]. Ecological Engineering, 2013, 54: 1-15.
- [5] 陈开宁,兰策介,史龙新,等. 苦草繁殖生态学研究[J]. 植物生态学报,2006,30(3):487-495.
- [6] 许宽,刘波,王国祥,等. 苦草(*Vallisneria spiralis*)对城市缓流河道黑臭底泥理化性质的影响[J]. 环境科学,2013,34(7):2642-2649.
- [7] 于翠玲,李明. 6-BA 和 KT 对设施黄瓜幼苗生长的影响[J]. 内蒙古农业大学学报,2009,30(1):29-31.
- [8] 王非,王金侠,李强,等. GA<sub>3</sub> 和 IAA 处理对 4 种铁线莲种子萌发的影响[J]. 草业科学,2014,31(4):672-676.
- [9] 王让,李青丰,胡杨,等. 内蒙古河套灌区 3 种沉水植物种子休眠及萌发特性[J]. 湖泊科学,2013,25(1):115-118.
- [10] 袁龙义,江林枝. 不同盐度对苦草、刺苦草和水车前种子萌发的影响研究[J]. 安徽农学通报,2008(17):77-79,56.
- [11] 韩翠敏,胡庚,武涛,等. 不同水体条件和基质类型对苦草(*Vallisneria spiralis* L.)种子萌发的影响[J]. 生态学杂志,2014,33(6):1-6.
- [12] 施和平,陶少彪. 三裂叶野葛种子的休眠及萌发[J]. 植物生理学通讯,2001,37(1):29-30.
- [13] 宋科,姚政,徐四新,等. 盐胁迫下番茄种子萌发和幼苗生长发育的调控研究[J]. 上海农业学报,2013(6):64-68.
- [14] 王平,陈奇,陈东杰,等. 外源添加 IAA 对铅胁迫下黑大豆根系生长的影响[J]. 大豆科学,2013,32(5):650-654.
- [15] 徐莉莉,李萍,王玉林,等. 细胞分裂素类物质对镉胁迫下玉米幼苗生长和抗氧化酶活性及脯氨酸含量的影响[J]. 环境科学学报,2010,30(11):2256-2263.
- [16] 李萍,郭喜丰,徐莉莉,等. 细胞分裂素类物质对玉米幼苗镉吸收和转运的影响[J]. 水土保持学报,2011,25(1):119-123.

## Effect of IAA and KT on Seed Germination and Seedling Growth of *Vallisneria spiralis*

ZUO Jin-cheng, LI Xiu-ling, ZHANG Peng, XIE Wei-hai, ZHOU Rui-lian, HU De-chang  
(College of Life Science, Ludong University, Yantai, Shandong 264000)

**Abstract:** In order to accelerate restoration of *Vallisneria spiralis* in eutrophic water bodies by broadcast sowing, the germination rates of *V. spiralis* seeds and growth of the seedlings after the seeds were treated with IAA and KT were examined. The concentrations were 0, 50, 100, 150 and 200 mg/L and the soaking time was 24 hours and 48 hours. The results showed that proper combinations of concentration and soaking time could significantly accelerate germination of the seeds, increase the height and dry weight of the seedlings. However, all the treatments had no significant effect on root/shoot ratio. Seed germination was the most apparently accelerated by IAA concentration of 150 mg/L for 24 hours and KT concentration of 100 mg/L for 48 hours, but which was significantly inhibited by IAA concentration of 200 mg/L for 48 hours and KT concentration of 200 mg/L for 24 or 48 hours. This indicated that germination of the seeds was susceptible to the concentration and the soaking time. IAA produced more promotion effect on seedling height than KT, and the strongest promotion effect on shoot height was observed in IAA concentrations of 150 mg/L for 24 hours and 100 mg/L for 48 hours. The IAA concentration of 100 mg/L for 24 hours and KT concentration of 100 mg/L for 24 hours were the most beneficial to accumulation of dry matters for seedlings. Based on overall consideration of all the indexes, soaking seeds in IAA concentration of 150 mg/L for 24 hours would produce the most satisfying effect in application.

**Keywords:** eutrophication; submerged macrophytes; *Vallisneria spiralis*; IAA; KT