

# 锌对高羊茅种子萌发及生理指标的影响

于凤鸣<sup>1</sup>, 刘玉艳<sup>2</sup>, 张海荣<sup>1</sup>

(1. 河北科技师范学院 生命科技学院, 河北 昌黎 066600; 2. 河北科技师范学院 园艺科技学院, 河北 昌黎 066600)

**摘要:**以“猎狗5号”高羊茅种子为试材,研究了不同浓度外源锌对高羊茅种子发芽率、发芽势,以及萌发过程种子内可溶性蛋白质、还原糖和总糖含量及淀粉酶活力的影响。结果表明:重金属 Zn 处理后降低了高羊茅种子的发芽率和发芽势,使种子萌发整齐度下降。Zn 处理使萌发初期高羊茅种子的淀粉酶总活力和可溶性总糖含量上升,但使  $\alpha$ -淀粉酶活力、可溶性蛋白质和还原糖含量下降。

**关键词:**锌胁迫;高羊茅;种子萌发;生理

**中图分类号:**Q 945.79 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)17-0074-04

重金属是环境的主要污染源之一。土壤中的重金属污染和防治一直是国际上研究的难点和热点。目前,主要采用物理法、化学法和生物法治理土壤重金属污染,其中物理方法和化学方法不仅成本昂贵,而且还会对土壤结构和土壤微生物造成破坏,并引起“二次污染”<sup>[1]</sup>。植物修复技术是一种新兴的绿色生物治理方法,能够在保持土壤的生态环境、结构和微生物活性的情况下修复被污染的土壤<sup>[2]</sup>。

Zn 是某些酶的活化剂和必需成分,是植物生长必需的微量元素之一。缺 Zn 时,植物的株型和生长习性会发生改变;Zn 超过一定含量时,也会导致植物代谢过程发生紊乱甚至死亡,但仍有些植物能在较高浓度的重金属中生存而不受明显的损害<sup>[3-4]</sup>。目前,世界上已经筛选出 400 多种重金属富集植物,并对重金属的伤害效应、机理和植物的抗性机理等方面进行了研究。

高羊茅是多年生草本植物,也是一种常见草坪植物,其适应性强,生活力、生长势、抗践踏能力亦强,抗寒,

也较抗热,耐干旱,耐潮湿,具有吸收深层水分的能力<sup>[5]</sup>。同时,由于草坪植物不直接进入人类食物链,具有较高的经济、生态和美学价值,因此,现以高羊茅为研究对象,研究了重金属 Zn 对其种子萌发及生理的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试高羊茅“猎狗5号”种子,购自国家林业局林木种子中心;ZnSO<sub>4</sub> 为分析纯试剂。

### 1.2 试验方法

试验于 2009 年 11 月至 2010 年 1 月在河北科技师范学院生命科技学院植物生理生化实验室和园艺科技学院园林实验室进行。选取均匀一致饱满的种子,用 3% 的高锰酸钾溶液消毒 15 min 后,用自来水冲洗 3 次,再用蒸馏水冲洗,将其整齐地排列在铺有 2 层滤纸的培养皿中,每皿 50 粒,加入不同浓度的 ZnSO<sub>4</sub> 溶液(100、200、400、800 mg/L,用蒸馏水配制),对照用蒸馏水培养,置于 26℃ 恒温培养箱中,用保鲜膜减少水分的蒸发。不同处理设置 3 次重复,并随时去除坏死种子,从第 2 天开始每天记录种子萌发数量,到对照种子不再萌发为止。计算种子发芽率及发芽势。

发芽率 = 萌发的种子数 / 种子总数 × 100%<sup>[6]</sup>。发

**第一作者简介:**于凤鸣(1966-),男,博士,教授,现主要从事植物抗性生理等研究工作。E-mail:yfm8371@163.com.

**基金项目:**河北省教育厅自然科学研究资助项目(2008445)。

**收稿日期:**2013-04-15

**Abstract:** Taking *Gardenia jasminoides* cuttings hydroponics seedlings as test materials, the effects of plant fresh weight, root number, root length, plant height, root weight branches of different treatment patterns observed indicators and chlorophyll a, b content and pH value of the physiological changes with 50 ~ 150 mg/L indole butyric acid (IBA) treatment were studied. The results showed that 50 ~ 150 mg/L IBA treatment increased water culture conditions, gardenia cuttings of the plant fresh weight, root number, root length, plant height and chlorophyll content, and 100 mg/L IBA treatments more significantly effective.

**Key words:** indole-3-butyric acid (IBA); *Gardenia jasminoides*; hydroponics culture; growth

芽势:发芽种子数达到高峰时,正常发芽种子的总数与供试种子总数的百分比<sup>[7]</sup>。

每皿约 1 g 种子。各个处理共设置 5 d 的试验量,每天设置 3 个培养皿重复。每天对萌发种子的胚芽和根进行取样测定。

### 1.3 项目测定

蛋白质含量的测定采用考马斯亮蓝 G-250 染色法<sup>[8]</sup>;还原糖和总糖含量的测定采用 3,5-二硝基水杨酸法<sup>[8]</sup>;淀粉酶活力的测定采用 3,5-二硝基水杨酸法<sup>[8]</sup>。

### 1.4 数据分析

试验数据用 DPS 统计分析软件进行显著性检验。

表 1 不同浓度  $ZnSO_4$  对高羊茅种子发芽率的影响

Table 1 Effect of  $ZnSO_4$  on *Festuca elata* seed germinating capacity

处理 Treatment/ $mg \cdot L^{-1}$	12 月 8 日	12 月 9 日	12 月 10 日	12 月 11 日	12 月 12 日	12 月 13 日
0	2.00aA	42.67aA	81.33aA	85.33aAB	92.00aA	94.00aA
100	0.67aA	44.00aA	80.00abA	92.00aA	93.33aA	95.33aA
200	0.67aA	36.00abAB	73.33bA	84.67aAB	92.67aA	94.00aA
400	2.00aA	24.67abAB	53.33cB	76.67bBC	82.00bB	86.00bB
800	0.00aA	12.00bB	42.67dC	66.67cC	78.67bB	88.00bB

注:不同大、小写英文字母分别表示差异达 0.01、0.05 显著水平,下同。

2.1.2  $Zn$  胁迫对高羊茅种子发芽势的影响 从表 2 可以看出, $ZnSO_4$  处理影响了高羊茅种子的发芽势,低浓度的  $ZnSO_4$  处理(100  $mg/L$ )促进了高羊茅种子的发芽势,但差异不显著;随着浓度的升高, $ZnSO_4$  降低了高羊茅种子的发芽势,其中 200、400  $mg/L$  处理与对照差异不显著,800  $mg/L$  处理与对照差异极显著。种子发芽势高,表示种子活力强,发芽整齐,出苗一致。因此,经过高浓度的  $ZnSO_4$  处理后,高羊茅种子发芽的整齐度降低了。

表 2 不同浓度  $Zn$  处理对高羊茅种子发芽势的影响

Table 2 Effect of different concentration of  $ZnSO_4$  on the *Festuca elata* seed germinating energy

$ZnSO_4$ 浓度 Concentration $/mg \cdot L^{-1}$	0	100	200	400	800
发芽势 germinating energy	42.67aA	44.00aA	36.00abAB	24.67abAB	12.00bB

### 2.2 $Zn$ 胁迫对高羊茅种子萌发过程中生理指标的影响

2.2.1  $Zn$  胁迫对可溶性蛋白质含量的影响 从表 3 可以看出,高羊茅种子萌发期间,可溶性蛋白质含量呈上升、下降再上升的趋势。800  $mg/L$  处理在置种后的第 2 天达到峰值,对照、400  $mg/L$  处理则在置种后的第 3 天达到峰值,100、200  $mg/L$  处理在置种后的第 5 天达到峰值。置种后的第 1 天,各处理的蛋白质含量与对照差异不显著;置种后的第 2 天,100  $mg/L$  处理的蛋白质含量显著低于对照,200 和 800  $mg/L$  处理的蛋白质含量极显著的高于对照;置种后的第 3 天,除 400  $mg/L$  处理与对

## 2 结果与分析

### 2.1 $Zn$ 胁迫对高羊茅种子萌发的影响

种子的发芽势和发芽率是检测种子质量好坏的重要指标,较高的发芽势和发芽率也是培育壮苗的基础<sup>[9]</sup>。

2.1.1  $Zn$  胁迫对高羊茅种子发芽率的影响 从表 1 可以看出,置种后种子陆续萌发,发芽率逐渐升高,在置种后第 5 天达到最高。低浓度的  $ZnSO_4$  处理后,高羊茅种子的发芽率与对照差异不显著,随  $ZnSO_4$  浓度的升高,抑制作用逐渐增强,其中 800  $mg/L$  的处理除置种后第 1 天外其它各时期均显著甚至极显著低于对照。

照差异不显著外,其它各处理的蛋白质含量均显著或极显著低于对照;置种后的第 4 天,各处理的蛋白质含量均低于对照,其中 100、200  $mg/L$  处理分别达到了显著和极显著水平;但到置种后的第 5 天,各处理的蛋白质含量均高于对照,其中 100  $mg/L$  处理达到了显著水平。蛋白质是植物的贮藏物质、结构物质和生理活性物质。种子萌发时,不溶性的蛋白体被分解并完全溶解<sup>[10]</sup>。随后,蛋白质在酶的作用下,分解为游离氨基酸,再合成新的蛋白质,用于新细胞的建成。试验后期,可能由于低浓度的  $ZnSO_4$  处理促进了种子的发芽(表 1),提高了高羊茅种子的发芽势(表 2),使得新组织器官中游离氨基酸开始合成新的蛋白质,所以蛋白质含量又有所上升。而高浓度的处理可能是由于抑制了种子的萌发,种子中可溶性蛋白质分解为氨基酸的数量减少,导致可溶性蛋白质在种子内的积累。

表 3 不同浓度  $Zn$  处理对高羊茅萌发种子可溶性蛋白质含量的影响

Table 3 Effect of different concentration of  $ZnSO_4$  on soluble protein content of *Festuca elata* seed  $mg/g$

处理 Treatment $/mg \cdot L^{-1}$	12 月 25 日	12 月 26 日	12 月 27 日	12 月 28 日	12 月 29 日
0	5.4474aA	6.2854bB	9.0132aAB	6.7209aA	7.0438bA
100	5.6497aA	5.3913cB	8.1390bBC	5.5476bcAB	8.2405aA
200	4.9386aA	7.5866aA	7.3114cCD	4.9839cB	7.7579abA
400	5.0786aA	5.7140bcB	9.1550aA	6.3906abA	7.2489abA
800	4.8946aA	8.0100aA	7.1080cD	6.2897abA	7.1848abA

## 2.2.2 Zn 胁迫对高羊茅种子还原糖和总糖含量的影响

从表 4 可以看出,高羊茅各处理的总糖含量均呈下降趋势。置种后第 1 天,除 100 和 400 mg/L 处理与对照差异不显著,其它各处理高羊茅种子中的总糖含量均显著高于对照,其中 200 mg/L 处理达到了极显著水平;置种后的第 2 天,仅有 800 mg/L 处理极显著的高于对照;置种后的第 3 天,处理与对照差异均不显著;置种后的第 4 天,仅 100 mg/L 处理的总糖含量显著低于对照;置种后的第 5 天,仅 200 mg/L 处理的总糖含量显著高于对照。高羊茅属淀粉类种子,种子萌发时,种子内贮藏的淀粉经过分解,才能以可利用的方式提供胚生长发育所需要的碳源和能源<sup>[11]</sup>。该试验的结果表明,ZnSO<sub>4</sub> 处理特别是高浓度的处理可以增加种子内可溶性总糖的含量,其原因可能与处理后种子萌发速率下降,对可溶性总糖的消耗减少有关。从表 5 可以看出,高羊茅种子中还原糖含量的变化呈先上升后下降的趋势,随后保持在一个相对稳定的水平,各处理均在置种后的第 2 天达到峰值。置种后第 1 天,除 100 mg/L 处理的还原糖含量与对照差异不显著外,其它处理均极显著的低于对照。各处理的峰值亦均极显著的低于对照,且随 Zn 浓度的增大而升高。置种后的第 3 天,100、200 和 800 mg/L 处理均极显著的低于对照,400 mg/L 处理与对照差异不显著。随后,各处理的还原糖含量均有所上升。到试验末期,200、800 mg/L 处理极显著的高于对照,其它处理与对照差异不显著。种子萌发初期,由于淀粉降

表 4 不同浓度 Zn 处理对高羊茅萌发种子总糖含量的影响

Table 4 Effect of different concentration of ZnSO<sub>4</sub> on the soluble total sugar content of *Festuca elata* seed %

处理 Treatment /mg · L <sup>-1</sup>	12 月 25 日	12 月 26 日	12 月 27 日	12 月 28 日	12 月 29 日
0	14.01cB	13.52bB	11.85aA	10.49abAB	6.58bcAB
100	15.41bcB	12.22bB	12.40aA	9.33cB	7.06abAB
200	22.74aA	13.30bB	12.05aA	10.99aA	7.24aA
400	15.09bcB	13.25bB	11.54aA	10.28abcAB	6.32cB
800	15.45bB	16.69aA	11.66aA	9.77bcAB	7.04abAB

表 5 不同浓度 Zn 处理对高羊茅萌发种子还原糖含量的影响

Table 5 Effect of different concentration of ZnSO<sub>4</sub> on the reduced sugar content of *Festuca elata* seed %

处理 Treatment /mg · L <sup>-1</sup>	12 月 25 日	12 月 26 日	12 月 27 日	12 月 28 日	12 月 29 日
0	0.36aA	2.14aA	0.86aA	0.86cC	0.92bcB
100	0.39aA	2.08aA	0.70bB	0.69dD	1.03bB
200	0.18bB	1.11bB	0.50cC	0.70dD	1.22aA
400	0.19bB	1.26bAB	0.86aA	1.03bB	0.88cB
800	0.21bB	1.29bAB	0.48cC	1.36aA	1.21aA

解,大量的多糖转变为还原糖,使种子中还原糖含量上升。随着时间的推移,大量的还原糖被种子萌发所利用,含量下降,随后保持在一个相对稳定的水平。由于 ZnSO<sub>4</sub> 抑制了高羊茅种子的萌发,各处理的还原糖消耗较对照少,导致其含量比对照高。

## 2.2.3 Zn 胁迫对高羊茅萌发种子淀粉酶活力的影响

从表 6 可以看出,各处理高羊茅种子的 α-淀粉酶活力的变化大致呈上升趋势。置种后第 1 天,各处理的 α-淀粉酶活力均低于对照,其中 200 和 800 mg/L 处理分别达到显著和极显著水平。置种后第 2 天,除 400 mg/L 处理外,其它各处理的 α-淀粉酶活力均极显著的低于对照。置种后第 3 天,200 mg/L 处理的 α-淀粉酶活力显著低于对照,而 400 mg/L 处理则极显著的高于对照,其它处理与对照差异不显著。置种后第 4 天,100 mg/L 处理的 α-淀粉酶活力极显著的低于对照,其它处理与对照差异不显著。到试验末期,除 200 mg/L 处理的 α-淀粉酶活力显著高于对照外,其它各处理与对照差异不显著。ZnSO<sub>4</sub> 处理后,萌发前期种子内的 α-淀粉酶活力低于对照。随着萌发进程,除最高浓度的 ZnSO<sub>4</sub> 处理外,其它浓度处理的种子的 α-淀粉酶活力均比对照高。从表 7 可以看出,在整个试验过程中,高羊茅各处理的淀粉酶总活力表现为先升后降的趋势。各处理的淀粉酶总活力在下降之前,均显著或极显著高于对照。置种后第 1

表 6 不同浓度 Zn 处理对高羊茅萌发种子 α-淀粉酶活力的影响

Table 6 Effect of different concentration of ZnSO<sub>4</sub> on the α-amylase activity of *Festuca elata* seed mg 麦芽糖 · g<sup>-1</sup>FW · min<sup>-1</sup>

处理 Treatment /mg · L <sup>-1</sup>	12 月 25 日	12 月 26 日	12 月 27 日	12 月 28 日	12 月 29 日
0	3.22aA	5.63aA	10.37bB	8.29abA	17.24bA
100	2.41abAB	1.29bB	8.76bcB	4.09cB	19.63abA
200	1.57bcBC	2.19bAB	6.86cB	6.28bcAB	22.85aA
400	1.77bBC	3.45abAB	14.34aA	9.41aA	18.57abA
800	0.74cC	2.94bAB	9.01bcB	5.67bcAB	17.21bA

表 7 不同浓度 Zn 处理对高羊茅萌发种子淀粉酶总活力的影响

Table 7 Effect of different concentration of ZnSO<sub>4</sub> on the amylase activity of *Festuca elata* seed mg 麦芽糖 · g<sup>-1</sup>FW · min<sup>-1</sup>

处理 Treatment /mg · L <sup>-1</sup>	12 月 25 日	12 月 26 日	12 月 27 日	12 月 28 日	12 月 29 日
0	586.27cB	724.87cC	620.75aA	406.26aA	232.12cB
100	625.66bAB	908.83bB	564.79bA	457.59aA	254.03bcAB
200	637.03abAB	1 083.51aA	445.52cB	398.03aA	286.06abAB
400	664.55aA	880.85bBC	621.50aA	423.40aA	283.86abAB
800	651.96abA	887.44bBC	596.58abA	448.47aA	316.14aA

天,400、800 mg/L 处理极显著高于对照;置种后第 2 天达到峰值时,100、200 mg/L 处理极显著高于对照。置种后第 3 天,100、200 mg/L 处理的淀粉酶总活力均高于对照,分别达到了显著和极显著水平;置种后第 4 天,各处理与对照差异均不显著;到试验末期,除 100 mg/L 处理外,各处理的淀粉酶总活力显著高于对照,其中,800 mg/L 处理达到极显著。结果表明,ZnSO<sub>4</sub> 处理后淀粉酶总活力升高,ZnSO<sub>4</sub> 浓度超过一定值时,淀粉酶活力提高幅度下降。

### 3 结论与讨论

ZnSO<sub>4</sub> 处理可以延缓高羊茅种子的萌发,降低其发芽势和种子萌发的整齐度。低浓度的 ZnSO<sub>4</sub> 处理提高了高羊茅种子的发芽率,高浓度的抑制作用较明显,且随浓度的升高,抑制作用增强。

ZnSO<sub>4</sub> 处理后,降低了高羊茅萌发种子的  $\alpha$ -淀粉酶活力,却提高了淀粉酶总活力。草坪草属淀粉型种子,淀粉酶使淀粉分解,提供幼胚发育所需的能源、碳源和制造新组织的主要原料<sup>[11]</sup>。植物体内的淀粉酶有  $\alpha$ -淀粉酶及  $\beta$ -淀粉酶 2 类,其中  $\beta$ -淀粉酶是组成酶, $\alpha$ -淀粉酶是诱导酶<sup>[8]</sup>。淀粉酶是种子萌发过程中最主要的水解酶类,而萌发初期起作用的又以  $\alpha$ -淀粉酶为主。因此,ZnSO<sub>4</sub> 处理后  $\alpha$ -淀粉酶活力下降可能是导致高羊茅种子发芽率下降的重要原因。

Zn 对高羊茅萌发种子的总糖含量影响不大。在试验初期,处理种子的还原糖含量显著降低,与高羊茅萌发种子的淀粉酶活性提高相矛盾,可能是由于种子的呼吸作用消耗了大量的还原糖,而未用于种子的萌发。到试验后期,处理种子的还原糖含量高于对照,则与处理

的种子内淀粉酶活力提高有关。

Zn 使高羊茅种子内的蛋白质含量下降,从而影响萌发种子中游离氨基酸的含量,使种子萌发时新组织的形成受阻,抑制种子的萌发。

尽管 Zn 对高羊茅种子的萌发产生了一定的影响,但种子仍能够萌发,说明对重金属 Zn 有一定的耐受性,可应用于重金属 Zn 污染的土壤。至于重金属 Zn 对高羊茅幼苗生长的影响,有待进一步研究。

### 参考文献

- [1] 刘磊,肖艳波.土壤重金属污染治理与修复方法研究进展[J].长春工程学院学报(自然科学版),2009,10(1):73-78.
- [2] 王海慧,邹恒福,罗瑛,等.土壤重金属污染及植物修复修复技术[J].中国农学通报,2009,25(11):210-214.
- [3] 王艳,辛士刚,马莲菊,等.剪股颖和高羊茅对铜、铅吸收及耐受性[J].应用生态学报,2007,18(3):625-630.
- [4] 段昌群,王焕校.重金属对蚕豆的细胞遗传学毒理作用和对蚕豆根尖微核技术的探讨[J].植物学报,1995,37(1):14-24.
- [5] 张震,徐丽,杨洁,等.重金属胁迫对高羊茅种子萌发的影响[J].中国农学通报,2008,24(4):386-389.
- [6] 高汝勇.混合盐碱胁迫对大白菜种子萌发及幼苗生长的影响[J].河南农业科学,2011,40(1):121-123.
- [7] 李君明,周永健,徐和金,等.不同基因型番茄种子发芽率及发芽势初步研究[J].北方园艺,2002(2):34-35.
- [8] 刘永军,郭守华,杨晓玲.植物生理生化实验[M].北京:中国农业科技出版社,2002:81-82,95-97,126-129.
- [9] 钱春荣,王俊河,冯延江,等.不同浸种时间对水稻种子发芽势和发芽率的影响[J].中国农学通报,2008,24(9):183-185.
- [10] 李合生.现代植物生理学[M].北京:高等教育出版社,2006:249-255.
- [11] 刘登义,王友保.Cu、As 对作物种子萌发和幼苗生长影响的研究[J].应用生态学报,2002,13(2):179-182.

## Effects of Zinc on Seed Germination and Physiology of *Festuca elata*

YU Feng-ming<sup>1</sup>, LIU Yu-yan<sup>2</sup>, ZHANG Hai-rong<sup>1</sup>

(1. College of Life Science and Technology, Hebei Normal University of Science and Technology, Changli, Hebei 066600; 2. College of Horticulture and Technology, Hebei Normal University of Science and Technology, Changli, Hebei 066600)

**Abstract:** Taking *Festuca elata* 'Liegou NO. 5' seeds as the test materials, the effect of different concentration of external source zinc on *Festuca elata* seed germinating capacity, germinating energy, the protein contents, the reducing sugar and total sugar contents and the amylase activity were studied. The results showed that Zn inhibited *Festuca elata*'s seed germination, reduced the germinating energy. Different concentration of Zn had a certain promoting effect on the amylase activity and the soluble sugar contents, but lowered the  $\alpha$ -amylase activity and the contents of soluble protein and reducing sugar at the initial stage of *Festuca elata* seed germination.

**Key words:** Zinc stress; *Festuca elata*; seed germination; physiology