

重金属对莴苣种子萌发和幼苗生长的抑制效应

刘健晖^{1,2}, 周东升¹, 王芳宇¹, 蒋伍玖², 任永霞³

(1. 湖南省衡阳师范学院 生命科学系, 湖南 衡阳 421008; 2. 功能金属有机材料湖南省普通高校重点实验室, 湖南 衡阳 421008;

3. 湖南长沙宁乡县环境保护局, 湖南 宁乡 410600)

摘要:以莴苣种子为试材, 采用水培方法, 研究了重金属元素铜(Cu)、铬(Cr)、铅(Pb)对莴苣种子萌发、幼苗生长的影响。结果表明: Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 在低浓度($\leq 50 \text{ mg/L}$)下与对照组相比, 对莴苣种子萌发影响无显著差异($P > 0.05$), 随着浓度的增高则逐渐转变为抑制作用, Cr^{6+} 对莴苣种子萌发有明显的抑制作用; Cu^{2+} 、 Cr^{6+} 、 Pb^{2+} 对幼苗生长均呈现抑制作用, 且浓度越高, 抑制作用越明显, 3种重金属溶液处理对莴苣幼苗根的抑制率都要明显大于对芽的抑制率($P < 0.05$); 莴苣种子根对3种重金属的敏感度强弱顺序为: $\text{KCr}_2\text{O}_7 > \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 > \text{CuSO}_4$ 。

关键词:重金属; 莴苣; 种子萌发; 幼苗生长; 抑制效应

中图分类号: Q 945 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2014)15-0001-05

随着现代工业的发展, 重金属污染问题日益严重, 以致农业生产水土遭到重金属的严重侵蚀^[1]。铜(Cu)、铬(Cr)、铅(Pb)作为主要的工业生产原料被广泛使用, 随之造成的重金属污染对农业生产造成巨大的损失^[2-4]。铜是植物生长发育必需的营养元素之一。但过量的铜会抑制植物光合作用, 且引发叶色失绿, 从而抑制植株生长^[5-7]。铬有强氧化性, 是环境污染中的“五毒”元素之一, 其在土壤中存在三价和六价2种, 六价铬比三价铬毒性高100倍, 且易被人体吸收且在体内蓄积^[8-9]。铅是常见的毒性的元素。它阻碍植物生长发育, 主要表现在叶片表面的黄化、枯萎和植株的矮小, 从而降低作物产量和质量^[10]。

种子萌发及幼苗生长是作物对外界有所反应的开始, 也是作物对重金属胁迫反应的敏感期。因此, 可作为检测水土等环境污染的重要指标^[11-12]。该试验以莴苣种子为材料, 研究 Cu^{2+} 、 Cr^{6+} 、 Pb^{2+} 3种重金属对莴苣种子萌发和幼苗生长的抑制效应, 以期筛选不同重金属污染的敏感指标提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试莴苣种子为“意大利皇冠生菜”, 购自衡阳蔬菜

第一作者简介: 刘健晖(1979-), 男, 湖南衡阳人, 硕士, 现主要从事植物生理生态学等研究工作。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31201750); 功能金属有机材料湖南省普通高校重点实验室开放基金资助项目(13K08); 衡阳师范学院青年资助项目(11A30); 衡阳师范学院2011年青骨千教师资助项目。

收稿日期: 2014-04-16

种子公司。

1.2 试验方法

挑选均匀一致、色泽明亮的饱满种子用70%酒精消毒3 min, 去离子水洗干净, 用滤纸吸干水分。分别置于内铺2层滤纸、含有不同浓度重金属溶液、直径9 cm的培养皿中, 每皿50粒种子, 于25℃恒温培养箱内进行培养。每天喷去离子水, 使培养皿内保持湿润, 保证种子的正常发育。其中 Cu^{2+} 以 CuSO_4 , Cr^{6+} 以 KCr_2O_7 , Pb^{2+} 以 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 的形式提供, 浓度梯度设置为: 10、50、100、150、200 mg/L, 以不添加重金属溶液(0 mg/L)为对照。每个处理3次重复。

1.3 项目测定

每天观察和记录种子发芽情况。计算总发芽率、发芽势和发芽指数。总发芽率(GP) = 7 d已发芽的种子数/种子总数 $\times 100\%$; 发芽势(GE) = 发芽初期4 d已发芽种子数之和/种子总数 $\times 100\%$; 发芽指数(GI) = $\sum \text{Gt}/\text{Dt}$, Dt为发芽时间(d), Gt为与Dt相对应的每天发芽种子数; 活力指数(VI) = 发芽指数(GI) \times 芽长(cm)^[13]。14 d时, 测萌发幼苗的根长、芽长和苗鲜重。

1.4 数据分析

将3组相同处理的材料进行平行测定, 利用SPSS 19.0比较不同处理间的差异显著性, 对根长、芽长和苗鲜重的抑制率进行回归统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同浓度 Cu^{2+} 、 Cr^{6+} 、 Pb^{2+} 溶液处理对莴苣种子萌发的影响

由图1可以看出, 当 Cu^{2+} 和 Pb^{2+} 处理浓度 $\leq 50 \text{ mg/L}$ 时, 对莴苣种子发芽率、发芽势没有显著影响($P > 0.05$),

且在浓度为 10 mg/L 时表现出轻微的促进作用,发芽率均为 86.3%,这与任艳芳等^[13]、苑丽霞等^[14]、王翰等^[15]研究结果一致。当 Cu^{2+} 和 Pb^{2+} 处理浓度 ≥ 150 mg/L 时,对莴苣种子萌发产生一定的抑制作用,随着浓度的升高,抑制作用更明显 ($P < 0.05$)。当 Cr^{6+} 处理浓度为 10 mg/L 时,就表现出对莴苣种子萌发具有抑制作用,

其发芽率、发芽势下降幅度分别为 12.4%、11.7%,达到差异显著水平 ($P < 0.05$)。随着 Cr^{6+} 处理浓度的增加,莴苣种子的发芽率、发芽势均明显下降,抑制作用显著 ($P < 0.05$)。在 Cr^{6+} 处理浓度 ≥ 150 mg/L 时,其发芽率、发芽势降幅均达到 60% 以上,抑制作用达到差异极显著水平 ($P < 0.01$)。

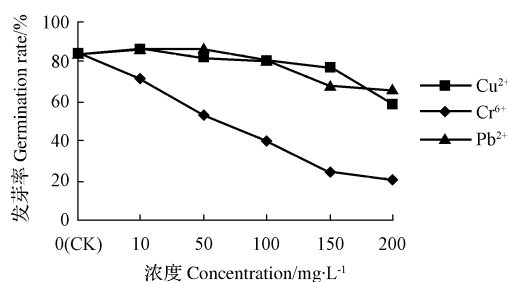


图1 Cu^{2+} 、 Cr^{6+} 、 Pb^{2+} 对莴苣种子发芽率、发芽势的影响

Fig. 1 Effect of Cu^{2+} , Cr^{6+} , Pb^{2+} on germination rate and germination potential of lettuce seed

2.2 不同浓度 Cu^{2+} 、 Cr^{6+} 、 Pb^{2+} 溶液处理对莴苣种子发芽指数和活力指数的影响

由图 2 可以看出, Cu^{2+} 处理浓度为 10 mg/L 时,其发芽指数和活力指数呈现与发芽率相同的趋势,表现为促进作用,而高浓度时则呈现抑制作用。这是由于种子在萌发过程中,主要依赖种子内部营养物质,对外源其它物质的利用率很少;另外,由于种皮的保护作用,只有少量的 Cu^{2+} 进入种子,而 Cu 又是植物种子萌发必需的微量元素之一^[12],因此,试验设置的低浓度下对植物种子的萌发不具有毒害作用。随着 Pb^{2+} 和 Cr^{6+} 处理浓度

的增加,其发芽指数和活力指数都逐渐降低。 Pb^{2+} 处理浓度为 200 mg/L 时,发芽指数和活力指数已分别降至对照组的 45.8% 和 17.7%,且差异均达显著水平 ($P < 0.05$)。随着 Cr^{6+} 处理浓度的升高,发芽指数和活力指数降低更加显著 ($P < 0.05$)。在 Cr^{6+} 处理浓度为 200 mg/L 时,其活力指数仅为 3.4,为对照组的 3.5%。因此,随着 Cr^{6+} 处理浓度的增加, Cr^{6+} 对莴苣种子的萌发抑制作用更加明显,且后期对莴苣苗芽的生长也有强烈的阻碍作用,与王丹等^[16]、耿广东等^[17]、康维钧等^[18]研究结论相一致。

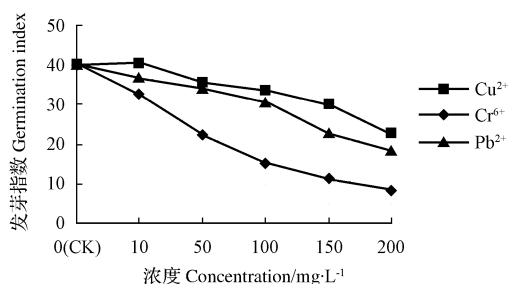


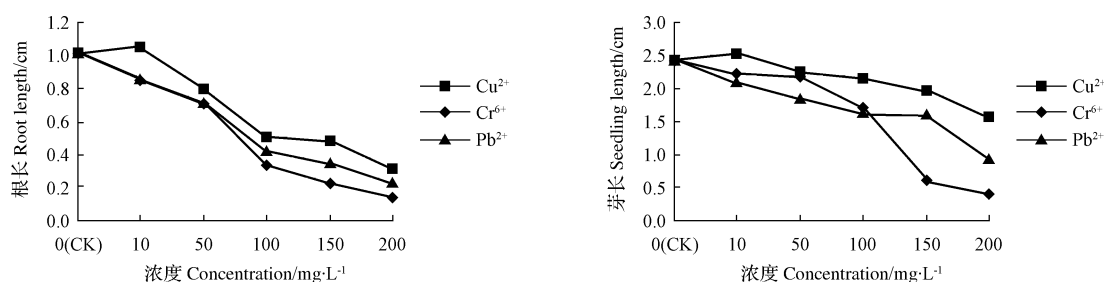
图2 Cu^{2+} 、 Cr^{6+} 、 Pb^{2+} 对莴苣种子发芽指数、活力指数的影响

Fig. 2 Effect of Cu^{2+} , Cr^{6+} , Pb^{2+} on germination index and vigor index of lettuce seed

2.3 不同浓度 Cu^{2+} 、 Cr^{6+} 、 Pb^{2+} 溶液处理对莴苣幼苗根长和芽长的影响

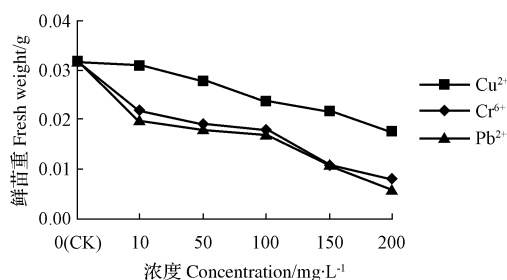
由图 3 可以看出,除了 Cu 处理浓度在 10 mg/L 时有不明显的促进作用 ($P > 0.05$),其它不同浓度的 Cu^{2+} 、 Cr^{6+} 、 Pb^{2+} 处理液对莴苣幼苗的生长均有抑制作用,且差异显著 ($P < 0.05$)。 Cu^{2+} 处理浓度在 50、100、150、200 mg/L 时,其根长分别减至对照组的 79.4%、51.0%、48.1%、31.4%,芽长分别减至对照组的 91.3%、87.7%、80.1%、63.4%。 Cr^{6+} 在不同处理浓度时,其根

长分别下降至对照组的 83.3%、70.6%、33.3%、22.5%、14.7%,芽长分别下降至对照组的 91.4%、89.7%、70.4%、25.5%、16.9%。 Pb^{2+} 在不同处理浓度时,其根长分别降至对照组的 84.3%、70.6%、41.2%、34.3%、22.5%,芽长分别降至对照组的 85.6%、76.1%、66.3%、65.0%、38.7%。综上结果分析可知,根受到重金属的抑制作用高于对芽长的抑制,这与王军涛等^[19]研究重金属对黄瓜种子萌发的影响是一致的。

图3 Cu^{2+} 、 Cr^{6+} 、 Pb^{2+} 对莴苣幼苗根长、芽长的影响Fig. 3 Effect of Cu^{2+} , Cr^{6+} , Pb^{2+} on seedling length and root length of lettuce

2.4 不同浓度 Cu^{2+} 、 Cr^{6+} 、 Pb^{2+} 溶液处理对莴苣苗鲜重影响

对不同浓度 Cu^{2+} 、 Cr^{6+} 、 Pb^{2+} 溶液处理 14 d 的已萌发的莴苣幼苗称重, 由图 4 可知, Cu^{2+} 处理浓度为 10 mg/L 时, 鲜苗重与对照组无明显差异 ($P > 0.05$)。在 Cu^{2+} 处理浓度 ≥ 50 mg/L 时, 鲜苗重降幅显著 ($P < 0.05$)。 Cr^{6+} 、 Pb^{2+} 在低浓度处理时, 其鲜苗重与对照组相比即出现极显著差异 ($P < 0.01$), 随着重金属溶液浓度的升高鲜苗重逐渐降低。 Cr^{6+} 、 Pb^{2+} 溶液在相同处理浓度下, 对幼苗鲜重的影响无显著差异 ($P > 0.05$), 但与同浓度的 Cu^{2+} 处理及对照组比较, 其幼苗鲜重降幅大, 存在极显著差异 ($P < 0.01$)。说明就鲜苗重而言, Cr^{6+} 、 Pb^{2+} 的存在对萌发后莴苣苗的生长有严重的抑制作用; 且相对于 Cu^{2+} 处理, 抑制作用更加明显。

图4 Cu^{2+} 、 Cr^{6+} 、 Pb^{2+} 对莴苣苗鲜重的影响Fig. 4 Effect of Cu^{2+} , Cr^{6+} , Pb^{2+} on fresh weight of lettuce seedling

2.5 不同浓度 Cu^{2+} 、 Cr^{6+} 、 Pb^{2+} 溶液处理对莴苣幼苗生长抑制率的影响

在试验处理浓度范围内, 计算 Cu^{2+} 、 Cr^{6+} 、 Pb^{2+} 不同溶液处理浓度与根长、芽长及鲜苗重的抑制率回归分析结果, 由图 5 和表 1 可以看出, 各项指标均为极显著正相关 ($P < 0.01$), 表明随着 Cu^{2+} 、 Cr^{6+} 、 Pb^{2+} 处理溶液浓度的增加, 莴苣幼苗根长、芽长及鲜苗重均受到抑制。按照回归方程计算的抑制率达到 50% 时相对应的浓度 IC_{50} 值。

比较 IC_{50} 发现, 莴苣幼苗对 Cu^{2+} 与 Cr^{6+} 处理溶液

的敏感度顺序为: 根长抑制率 $>$ 鲜苗重抑制率 $>$ 芽长抑制率, 对 Pb^{2+} 处理溶液的敏感度顺序为: 鲜苗重抑制率 $>$ 根长抑制率 $>$ 芽长抑制率。 Cr^{6+} 对莴苣幼苗根伸长和芽生长的抑制作用最强, 而 Pb^{2+} 对莴苣幼苗重抑制作用最强。莴苣种子根对 3 种重金属的敏感度强弱顺序为: $\text{KCr}_2\text{O}_7 > \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 > \text{CuSO}_4$ 。3 种重金属处理溶液对根的抑制率都要明显大于对种子发芽的抑制率 ($P < 0.05$)。这与宋玉芳等^[20]研究铜、锌、铅、镉单一污

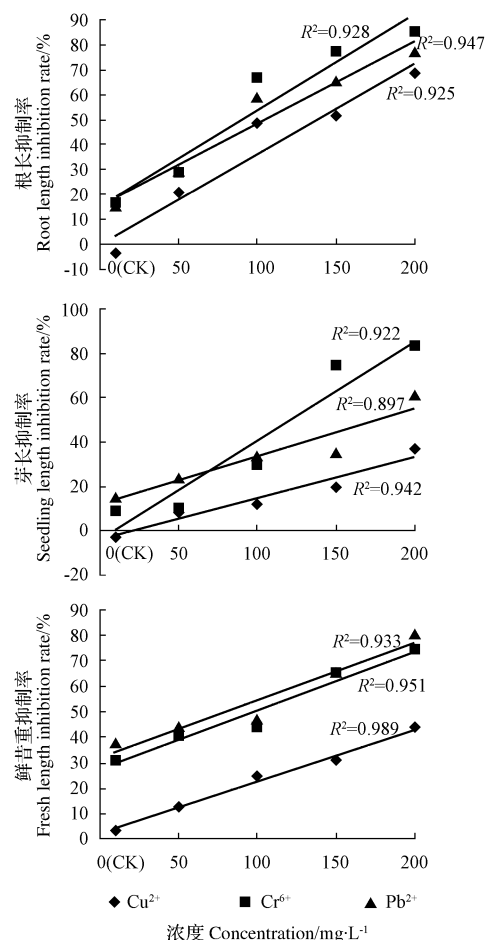
图5 Cu^{2+} 、 Cr^{6+} 、 Pb^{2+} 对莴苣幼苗生长抑制率影响比较Fig. 5 Effect of Cu^{2+} , Cr^{6+} , Pb^{2+} on inhibition rate of lettuce growth

表 1 Cu^{2+} 、 Cr^{6+} 、 Pb^{2+} 浓度与
莴苣幼苗生长抑制率的回归方程

Table 1 Regression equation between the Cu^{2+} , Cr^{6+} , Pb^{2+}
concentration and inhibition rate of lettuce seedling

	抑制作用 Inhibition effect/%	回归方程 Regression equation	相关系数 Correlation index	IC_{50} / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$
铜 Cu	根长抑制率 Root length inhibition rate	$y=0.364x+0.079$	0.925	137.15
	芽长抑制率 Seedling length inhibition rate	$y=0.188x-4.476$	0.942	289.77
	鲜苗重抑制率 Fresh weight inhibition rate	$y=0.208x+1.911$	0.989	231.20
铬 Cr	根长抑制率 Root length inhibition rate	$y=0.384x+15.85$	0.928	88.93
	芽长抑制率 Seedling length inhibition rate	$y=0.447x-4.429$	0.922	121.77
	鲜苗重抑制率 Fresh weight inhibition rate	$y=0.235x+27.27$	0.951	96.72
铅 Pb	根长抑制率 Root length inhibition rate	$y=0.331x+15.59$	0.947	103.96
	芽长抑制率 Seedling length inhibition rate	$y=0.219x+11.32$	0.897	176.62
	鲜苗重抑制率 Fresh weight inhibition rate	$y=0.229x+31.60$	0.933	80.35

染对白菜种子发芽与根伸长的抑制效应是具有一样的趋势。

3 结论

在试验处理浓度范围内, Cu^{2+} 在低处理浓度 ($\leq 50 \text{ mg/L}$) 作用下促进莴苣种子萌发, 浓度 $\geq 100 \text{ mg/L}$ 的情况下表现为抑制; Gr^{6+} 、 Pb^{2+} 对莴苣种子萌发有抑制作用, 且浓度越高, 抑制作用越明显。 Cu^{2+} 、 Gr^{6+} 、 Pb^{2+} 对幼苗生长也均呈现抑制作用, 且浓度越高, 抑制作用越明显。总体分析, 对莴苣毒害作用 $\text{KCr}_2\text{O}_7 > \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 > \text{CuSO}_4$; 就重金属胁迫下莴苣各部分受毒害程度而言, 根部 $>$ 芽部。

另外, Cu^{2+} 、 Gr^{6+} 、 Pb^{2+} 不仅对莴苣种子萌发及其幼苗生长有抑制作用, 而且对其它的经济作物也具有极大的影响。因此, 为提高经济植物的产量和质量, 以及考虑到人体的健康, 不仅需要严格控制各种污染源对经济作物生产的侵害, 还需要建立有效的检测机制, 对于不同的重金属, 应依据其不同浓度对植物、动物和人类的毒害效果, 制定不同的污染检测指标。

参考文献

- [1] Gu J G, Zhou Q X, Wang X. Reused path of heavy metal pollution in soils and its research advance[J]. Journal of Basic Science and Engineering, 2003, 11(2): 143-151.
- [2] Li W Q, Khan Mohammad A, Yamaguchi S, et al. Effects of heavy metals on seed germination and early seedling growth of *Arabidopsis thaliana* [J]. Plant Growth Regulation, 2005, 46(1): 45-50.
- [3] Castilhos D D, Costa C N, Passianoto C C, et al. Hexavalent chromium effects on soybeans growth, nitrogen fixation and nutrients absorption[J]. Ciencia Rural, 2001, 31(6): 969-972.
- [4] 宋玉芳, 许华夏, 任丽萍, 等. 重金属对西红柿种子发芽与根伸长的抑制效应[J]. 中国环境科学, 2001, 21(5): 390-394.
- [5] 杨继. 植物生物学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007: 168-169.
- [6] Cao Z H, Hu Z Y. Copper contamination in paddy soils irrigated with wastewater[J]. Chemosphere, 2000, 41(1): 3-6.
- [7] Chatterjee J, Chatterjee C. Phytotoxicity of cobalt, chromium and copper in cauliflower[J]. Environmental Pollution, 2000, 109(1): 69-74.
- [8] 张义贤. 三价铬和六价铬对大麦毒害效应的比较[J]. 中国环境科学, 1997, 17(6): 565-568.
- [9] 王三根, 王西瑶. 植物生理学[M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1997: 344.
- [10] 徐芬芬, 袁盼, 邹阿凤. 重金属铅胁迫对小白菜种子萌发的影响[J]. 湖南农业科学, 2011(9): 68-69, 74.
- [11] 康吉利, 曾志军, 刘玉佩. 铅胁迫对小麦种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 广西农业科学, 2009, 40(2): 144-146.
- [12] 潘瑞炽, 王小菁, 李娘辉. 植物生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2008.
- [13] 任艳芳, 何俊瑜, 张冲, 等. 铅胁迫对莴苣种子萌发和部分生理代谢的影响[J]. 江苏农业学报, 2010, 26(4): 740-744.
- [14] 苑丽霞, 孙毅. Cu、Zn、Mn 对油菜种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 晋中学院学报, 2010, 27(3): 55-59.
- [15] 王翰, 杨小录, 何九军, 等. 重金属铜 $\text{Cu}(\text{II})$ 对萝卜种子萌发及幼苗叶绿素合成的影响[J]. 天水师范学院学报, 2010, 30(5): 36-38.
- [16] 王丹, 魏威, 王松山, 等. 铜、铬单一及复合污染对小白菜种子萌发及根长的生态毒性[J]. 西北农林科技大学学报, 2010, 38(12): 63-68.
- [17] 耿广东, 张素勤, 胡洪芝. 铬对竹叶菜种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(24): 5137-5138, 5150.
- [18] 康维钧, 哈婧, 梁淑轩, 等. 铬对萝卜种子发芽与根伸长抑制的生态毒性[J]. 河北科技大学学报, 2005, 26(4): 322-325, 329.
- [19] 王军涛, 刘洪禄, 吴文勇, 等. 水培条件下重金属 $\text{Cr}(\text{VI})$ 对作物种子萌发影响的试验研究[J]. 农业工程学报, 2008, 24(6): 222-225.
- [20] 宋玉芳, 许华夏, 任丽萍, 等. 土壤重金属对白菜种子发芽与根伸长抑制的生态毒性效应[J]. 环境科学, 2000, 3(1): 103-107.

Inhibition Effect of Heavy Metal on Seed Germination and Seedling Growth of Lettuce

LIU Jian-hui^{1,2}, ZHOU Dong-sheng¹, WANG Fang-yu¹, JIANG Wu-jiu², REN Yong-xia³

(1. Department of Life Science, Hengyang Normal University, Hengyang, Hunan 421008; 2. Key Laboratory of Functional Metal Organic Materials of Hunan Ordinary University, Hengyang, Hunan 421008; 3. Ningxiang Environment Protection Agency, Ningxiang, Hunan 410600)

沙葱种子发育过程中生理生化变化规律

杨忠仁, 张凤兰, 郝丽珍, 苗春乐, 刘建文, 赵清岩

(内蒙古农业大学 农学院, 内蒙古自治区野生特有蔬菜种质资源与种质创新重点实验室, 内蒙古 呼和浩特 010019)

摘 要:以花后 10~40 d 的沙葱种子为试材, 研究其发育过程中形态及生理生化指标的变化规律, 以期探明沙葱种子的适宜采收期。结果表明:发育过程中沙葱种子和果实的含水量及种子千粒重均呈下降趋势;花后 35~40 d 时, 种皮由灰褐色转为黑色;花后 25~40 d 时种子已具萌发能力, 发芽率 16.67%~26.67%;随着发育天数的增加, 沙葱种子蛋白质、脂肪、淀粉和可溶性糖含量及脂氧合酶(LOX)活性呈上升趋势, 超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)活性呈先下降后升高的趋势, 过氧化物酶(POD)活性和丙二醛(MDA)含量呈先上升后下降的趋势;花后 35~40 d, 生理生化指标趋于稳定, 种子已达到生理成熟;因此, 沙葱种子在花后 35~40 d 即可采收, 为适宜的采收期。

关键词:沙葱种子;发育过程;生理生化;采收期

中图分类号:S 633.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)15-0005-05

沙葱(*Allium mongolicum* Regel)属百合科葱属多年生旱生植物, 又名蒙古韭, 其富含多种营养成分和葱属植物特有的活性物质, 是内蒙古自治区农牧区百姓四季的主要蔬菜之一, 也是近年来野菜加工的主要种类之一。其既可分株繁殖, 又可种子繁殖。前者简单、快速, 当年即可采收, 但繁殖系数低;后者虽繁殖系数高, 但由于果实成熟后开裂, 种子易落地;因此确定沙葱种子适宜的采收期, 不仅可避免过早收获造成种子成熟度差、

活力低、质量差, 亦可避免因收获过晚造成的种子产量下降等问题^[1-4]。该试验通过研究沙葱种子发育过程中形态及生理生化指标的变化规律, 来确定其种子最佳采收期。掌握适宜采收期对保证沙葱采种质量及种子寿命的延长有重要的实践意义, 同时还对丰富葱属蔬菜种子生理的研究有一定的理论意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为内蒙古农业大学科技园区盛花期沙葱。

1.2 试验方法

沙葱开花后, 定期标记每朵花的开花日期, 同时摘取从标记始期至标记后发育 10、15、20、25、30、35、40 d 的果实和种子, 分别测定其果实单粒重、种子千粒重、含水量和果实长度、宽度、发芽率;及种子蛋白质、脂肪、淀粉、可溶性糖含量;超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)活性和丙二醛(MDA)含量^[5]。

第一作者简介:杨忠仁(1980-), 男, 内蒙古乌兰察布人, 博士, 副教授, 研究方向为蔬菜种质资源与种质创新。E-mail: yangzhongren_200@163.com.

责任作者:郝丽珍(1960-), 女, 博士, 教授, 现主要从事蔬菜种质资源与种质创新工作。E-mail: haolizhen_1960@163.com.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30660110);教育部科学技术研究重点资助项目(206027);内蒙古自然科学基金资助项目(2010MS0301)。

收稿日期:2014-04-29

Abstract: Taking lettuce as material, by hydroponic experiments, the effect of heavy metal elements Cu, Cr and Pb on seed germination and seedling growth were studied. The results showed that there was no significant difference ($P > 0.05$) in germination index among treatments at the low concentration (≤ 50 mg/L) of Cu, Pb solution. The inhibitory effect of Cr solution was the most obvious, and with the increase of the concentration, the inhibition had risen sharply. The inhibitory effect of the three kinds of heavy metal solution on lettuce seedlings root were significantly greater than bud. The seedling root length and the shoot length were decreased, with the increase of salt concentration of heavy metals. And the toxicity of three kinds of heavy metal salts was $\text{KCr}_2\text{O}_7 > \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 > \text{CuSO}_4$.

Key words: heavy metal; lettuce (*Lactuca sativa*); seed germination; seedling growth; inhibiting effect