

# Effects of Copper Stress on Seed Germination of Radish and Spinach

Jingyi Zhou, Qin Gong

Resources and Environment Faculty of Hubei University, Wuhan Hubei  
Email: 506579745@qq.com, 45542318@qq.com

Received: Apr. 30<sup>th</sup>, 2018; accepted: May 15<sup>th</sup>, 2018; published: May 22<sup>nd</sup>, 2018

---

## Abstract

To study and screen suitable vegetables in heavy metals polluted agricultural soils, the effects of copper on seed germination of *Raphanus sativus* L. radish and *Spinacia oleracea* L. spinach were studied by the method of culture dish. The results show that under the condition of 0 - 550 mg/L copper treatment, the germination rate of white radish rose first and then dropped; the germination rate of green radish dropped; the germination rate of spinach increased in general. The copper resistance of spinach was stronger than that of radish. There was a difference in the copper resistance of different varieties of the same vegetable. The copper resistance of white radish is stronger than that of green radish, and small-leaf spinach resistance to copper is stronger than that of big-leaf spinach.

## Keywords

Copper Stress, Seed Germination, Radish (*Raphanus sativus* L.), Spinach (*Spinacia oleracea* L.)

---

# 铜胁迫对萝卜和菠菜种子萌发的影响

周静怡, 公勤

湖北大学资源环境学院, 湖北 武汉  
Email: 506579745@qq.com, 45542318@qq.com

收稿日期: 2018年4月30日; 录用日期: 2018年5月15日; 发布日期: 2018年5月22日

---

## 摘要

为研究和筛选适合不同程度重金属污染农田的蔬菜品种, 以萝卜、菠菜种子为试材, 采用培养皿法研究单一重金属铜对萝卜、菠菜种子萌发的影响。结果表明, 低于550 mg/L的铜处理对白萝卜种子发芽率存

在“低促高抑”效应,对青萝卜发芽率存在抑制作用;而对菠菜种子发芽率起促进作用,菠菜的耐铜性强于萝卜。同一蔬菜的不同品种的耐铜性存在差异,白萝卜耐铜性强于青萝卜,小叶菠菜耐铜性强于大叶菠菜。

## 关键词

铜胁迫, 种子萌发, 萝卜, 菠菜

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

铜是最常见的重金属元素之一,是植物生长发育必需的微量元素,它参与植物体多种生理代谢过程,对作物的生长发育、产量、品质都有重要影响[1] [2] [3]。近年来,由于工业采矿、城市污水的排放和含铜杀菌剂的长期大量使用,土壤含铜量迅速增加,远远超出了土壤环境标准含量,高浓度的铜对自然界的生物产生严重危害[4]。因此研究重金属污染对蔬菜的胁迫机理,对保障农产品质量安全具有重要意义。

萝卜和菠菜均为人们常食用的蔬菜。萝卜的主要食用部分是根。高浓度的铜离子通过根系吸收进入萝卜的地下块根内,可能对萝卜的产量和质量产生严重的影响,并经食物链进入人体,在人体内富集,危害人体的健康[5]。菠菜的主要食用部分是茎和叶,富含类胡萝卜素、维生素C等营养素,有极高的养生价值。虽然前人对铜胁迫蔬菜生长有些探讨[6] [7] [8],但目前有关铜胁迫对菠菜种子萌发影响的研究鲜有报道,关于蔬菜耐铜性的种间、种内的比较研究仍较少,本试验以萝卜、菠菜种子为试材,采用培养皿法研究单一重金属铜对萝卜、菠菜种子萌发的影响,旨在探究不同蔬菜和同种蔬菜的不同品种对重金属耐性的差异,为筛选适合不同程度重金属污染农田的蔬菜品种提供理论依据。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 试验材料

供试种子为萝卜种子(白萝卜、青萝卜)、菠菜种子(小叶菠菜、大叶菠菜),购置市场常见品种。供试金属离子  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  为分析纯试剂。试验于2017年11月至12月进行。

### 2.2. 铜溶液配置和浓度设置

根据中华人民共和国土壤环境质量标准(GB15618-2008)三级土壤环境标准质量进行设定[9]。 $\text{CuSO}_4$ 处理浓度具体如下(mg/L): 0、50、150、250、350、450、550。

### 2.3. 试验设计

供试种子用蒸馏水浸泡过夜后,将浮在水面上的瘪种、籽粒不饱满的或是已脱皮的种子剔除。选取粒饱满的种子,用0.1%NaClO溶液消毒10 min后,用蒸馏水润洗。选取直径为9 cm的培养皿,每个培养皿中垫2层滤纸作为发芽床,将配好的处理液加入培养皿中,至滤纸饱和。每个培养皿中均放入50粒种子,将其置于白天光照12 h,温度25℃,光照为1000 lx;夜晚黑暗12 h,温度20℃的培养箱中。每个处理设置3次重复。每日记录发芽种子数量,并用称重法加水恒重,保证重金属浓度恒定。待对照种

子2片子叶完全变绿后, 结束试验。选取最理想的一组结果进行分析。

## 2.4. 测定指标及方法

发芽率(%) = 供试种子的发芽数/供试种子总数 × 100%。

## 2.5. 统计分析

试验数据采用 Excel 2013 进行分析。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 不同浓度铜处理对萝卜种子发芽率的影响

通过对各处理组和对照组的种子发芽率进行分析, 结果表明: 铜对萝卜种子发芽率有明显影响, 并且对不同品种的影响程度不同。从图 1 可以看出, 在不同铜浓度处理的条件下, 白萝卜的发芽率表现出“低浓度促进, 高浓度抑制”现象。与对照组相比, 150 mg/L 铜浓度处理的发芽率增加了 2%; 350 mg/L 铜浓度处理的发芽率减少了 34%, 降幅达 35.42%。相比白萝卜, 青萝卜发芽率较低, 且随浓度增大呈降低趋势。在 150 mg/L 条件下, 青萝卜发芽率相比其对照减少了 64%, 降幅达 82.05%。

### 3.2. 不同浓度铜处理对菠菜种子发芽率的影响

由图 2 可知, 随着铜浓度的增加, 对菠菜种子发芽率总体上产生促进作用, 其中大叶菠菜在 450 mg/L 铜浓度条件下, 发芽率为对照组的 1.17 倍。小叶菠菜发芽率无明显变化, 其中 250 mg/L、550 mg/L 处理组的发芽率较对照组增加了 8%。在此铜浓度范围内, 尚未发现对菠菜种子萌发的显著抑制作用。但菠菜不同品种的耐铜性仍有差异, 小叶菠菜的耐铜性更强。

### 3.3. 不同浓度铜处理对种子胚根的影响

由图 3、图 4 可见, 铜对萝卜的胚根伸长影响表现为抑制作用。仅对照组出现根毛, 各处理组未出现根毛。在较低浓度 50 mg/L 处理条件下, 白萝卜的胚根较长, 但根尖出现发黑症状; 青萝卜的胚根开始萎缩。在较高浓度条件下, 萝卜的胚根均急剧缩短, 子叶逐渐发黄变小, 胚乳有发黑的趋势。

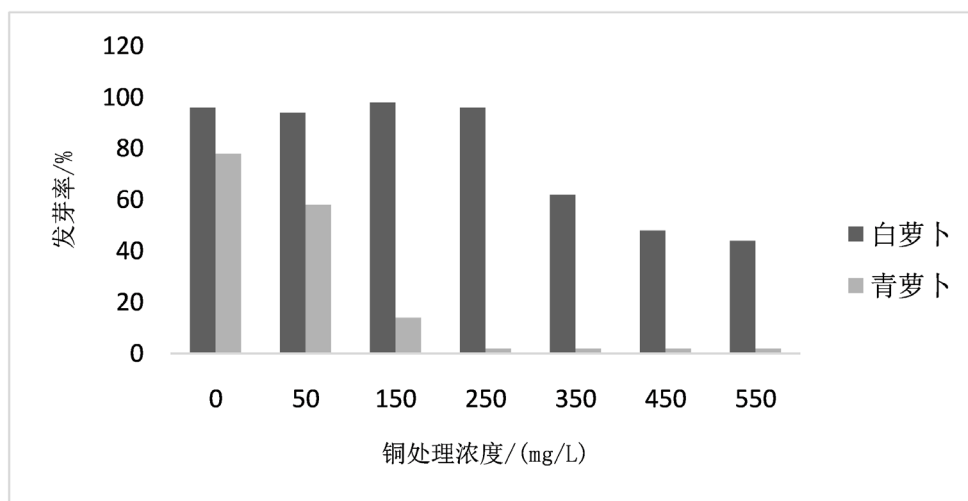
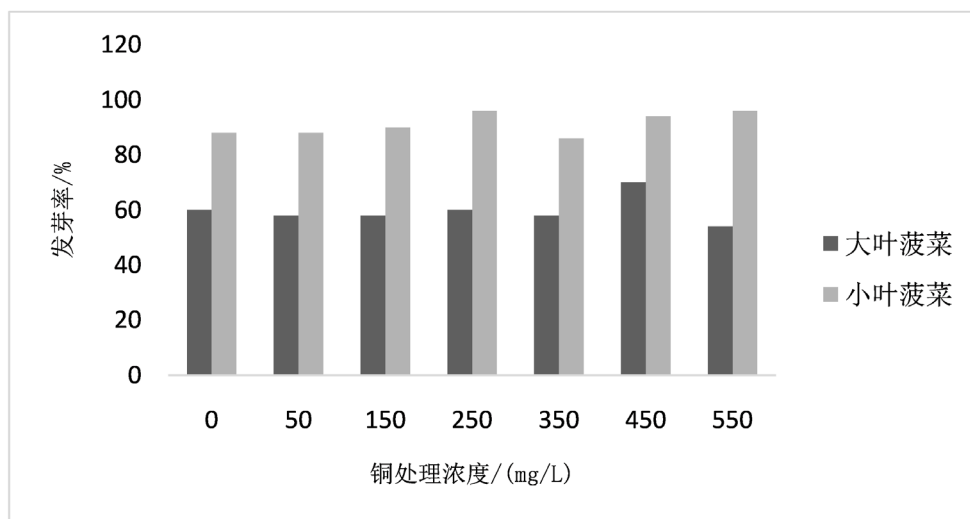


Figure 1. Effects of Cu stresses on germination rate of radish

图 1. 不同浓度铜处理对萝卜发芽率的影响



**Figure 2.** Effects of Cu stresses on germination rate of spinach  
**图 2.** 不同浓度铜处理对菠菜发芽率的影响



**Figure 3.** Effects of Cu stresses on radicles of white radish  
**图 3.** 铜对白萝卜胚根的影响

由图 5、图 6 可见, 铜对大叶菠菜的胚根伸长影响表现为抑制作用, 而对小叶菠菜的胚根长度表现为先增后降的趋势。在较低浓度 50 mg/L、150 mg/L 条件下, 菠菜的胚根根尖出现发黑症状。与对照相比, 大叶菠菜的胚根长度显著减小; 小叶菠菜在 50 mg/L 处理下的胚根长度、粗度均大于对照, 但未出现根毛。

#### 4. 讨论

已有研究表明, 重金属对种子萌发存在低浓度刺激而高浓度呈抑制作用[10][11][12], 但具体表现又



Note: In the above pictures, from left to right, they are under 0, 50, 150, 250, 350, 450, 550 (mg/L) copper stress respectively.  
注: 上述图片中, 从左至右分别为在 0、50、150、250、350、450、550 (mg/L)铜溶液处理下的形态。

**Figure 4.** Effects of Cu stresses on radicles of green radish

**图 4.** 铜对青萝卜胚根的影响



**Figure 5.** Effects of Cu stresses on radicles of big-leaf spinach

**图 5.** 铜对大叶菠菜胚根的影响

因重金属、植物不同而有所变化[13] [14] [15]。

本试验结果表明, 随着铜浓度的增加, 白萝卜种子发芽率表现出先增后降的趋势, 这之前研究者的研究结果相似[16] [17] [18]。但在本试验中, 在相同处理条件下, 青萝卜种子发芽率受到抑制作用, 其中在 50 mg/L 时, 青萝卜发芽率已低于对照 20%。而在 350 mg/L 时, 白萝卜发芽率才开始低于对照, 因此白萝卜的耐性较青萝卜强。

和萝卜相比, 相同浓度铜处理对菠菜种子发芽率在总体上表现为促进作用, 表明菠菜的耐性较萝卜强。这可能是因为菠菜作为深绿叶蔬菜, 叶绿素含量更高, 在种子萌发过程中需要积累更多的铜离子合成相关酶。因此在较低的铜浓度处理下, 反而有促进作用。有研究表明, 菠菜 POD 活性和 CAT 的活性随着硫酸铜浓度的增大呈现先增加后降低的规律; 可溶性蛋白的含量随着硫酸铜的浓度的增加先减少后增加[19]。同时, 铜胁迫对菠菜种子不同品种的发芽率有影响, 且程度不同, 小叶菠菜的耐性较大叶菠菜强。



Note: in the above pictures, from left to right, they are under 0, 50, 150, 250, 350, 450, 550 (mg/L) copper stress respectively.  
注: 上述图片中, 从左至右分别为在 0、50、150、250、350、450、550 (mg/L)铜溶液处理下的形态。

**Figure 6.** Effects of Cu stresses on radicles of small-leaf spinach  
**图 6.** 铜对小叶菠菜胚根的影响

从萝卜、菠菜种子胚根长的总体情况来看, 随着铜浓度增加, 对胚根主要是抑制作用, 具体表现在胚根长度变短、胚根根尖出现发黑症状、无根毛生长三个方面。但也有在较高浓度(50 mg/mL、100 mg/mL)处理下, 萝卜种子才出现这种明显的发育不良现象[20], 这可能是因为品种的差异。铜胁迫对萝卜胚根的抑制程度大于菠菜, 这与发芽率的变化情况相似。

综上, 本文初步研究了单一重金属铜的不同浓度对萝卜、菠菜种子萌发的影响, 表明菠菜的耐铜性强于萝卜, 同种蔬菜的不同品种耐铜性也存在差异。但本次试验测定指标和试验品种较少, 仍有很大的提升空间, 后期可结合相关酶指标进一步研究。

## 5. 结论

在较低铜浓度(0~550 mg/L)条件下, 白萝卜种子发芽率存在“低促高抑”的现象, 青萝卜发芽率受到抑制作用; 菠菜种子发芽率总体上受到促进作用, 表明菠菜的耐铜性强于萝卜。同种蔬菜的不同品种耐铜性存在差异, 其中白萝卜的耐铜性强于青萝卜, 小叶菠菜的耐铜性较大叶菠菜更强。

## 参考文献

- [1] 薛盈文, 王玉凤, 赵长江, 等. 铜胁迫对小麦种子萌发及幼苗抗氧化系统的影响[J]. 江西农业大学学报, 2016, 38(1): 54-59.
- [2] 王立仙. 铜在土壤中的淋溶迁移特征及其生物效应研究[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东农业大学, 2008.
- [3] 王美, 李书田. 肥料重金属含量状况及施肥对土壤和作物重金属富集的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(2): 466-480.
- [4] 赵兵. 重金属铜污染对植物的影响[J]. 科教文汇(上旬刊), 2014(10): 102-103.
- [5] 韩春梅. 铜胁迫对萝卜幼苗根系生理生化指标的影响[J]. 江苏农业科学, 2010(1): 179-180.
- [6] 杨丽丽. 铜胁迫对甜菜幼苗生长和光合特性的影响[D]: [硕士学位论文]. 山东师范大学, 2013.
- [7] 刘健晖, 蒋伍玖, 周东升, 等. 重金属对莴苣种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 湖北农业科学, 2015, 54(1): 90-93.
- [8] 朱健, 范菲菲, 赵丽华, 等. 铜对海菜花种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 西部林业科学, 2016, 45(2): 135-139.

- [9] 中华人民共和国国家标准. GB 15618-2008, 土壤环境质量标准[S]. 北京: 中华人民共和国环境保护部, 2008.
- [10] 吕笃康, 巴音山, 赵玉. 铜、镉污染对小麦种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 种子, 2012, 31(9): 108-111.
- [11] 陈伟, 张苗苗, 宋阳阳, 等. 重金属胁迫对 4 种草坪草种子萌发的影响[J]. 草地学报, 2013, 21(3): 556-563.
- [12] 苟本富. 铜胁迫对蚕豆种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2010, 35(5): 116-120.
- [13] 赵玉红, 拉巴曲吉, 罗布, 等. 铜、镉、铅、锌对 4 种豆科植物种子萌发的影响[J]. 种子, 2017, 36(1): 22-28.
- [14] 赵淑玲, 王瀚, 王让军, 等. Cu<sup>2+</sup>胁迫对花椰菜种子的萌发及幼苗生理特性的影响[J]. 北方园艺, 2017(5): 16-20.
- [15] 鱼小军, 张建文, 潘涛涛, 等. 铜、镉、铅对 7 种豆科牧草种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 草地学报, 2015, 23(4): 793-803.
- [16] 许丹妮. 重金属铜对萝卜种子发芽性能指标的影响研究[J]. 环境科学与管理, 2013, 38(5): 170-173.
- [17] 姜成, 申晓慧, 李春丰, 等. 铜对黄瓜和萝卜种子萌发和生长的影响[J]. 种子, 2012, 31(11): 16-17+22.
- [18] 于军香. 铜胁迫对萝卜种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 长江蔬菜, 2009(10): 16-17.
- [19] 刘文英, 周凤, 戎婷婷, 等. 重金属铜对菠菜生理指标的影响[J]. 农业与技术, 2016, 36(3): 1-2+24.
- [20] 王瀚, 杨小录, 何九军, 等. 重金属铜 Cu(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.

#### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2164-5507, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [hjas@hanspub.org](mailto:hjas@hanspub.org)