

# 铜对青菜生长的影响及其在体内动态分布研究

王启明, 郑爱珍

(河南商丘师范学院生物系, 商丘 476000)

**摘要:**用溶液培养的方法研究了铜对青菜幼苗生长的影响及铜在青菜体内的分布和积累情况。结果表明:低浓度的  $\text{Cu}^{2+}$  处理对青菜幼苗根系的伸长有明显的抑制作用,  $3 \mu\text{mol/L}$   $\text{Cu}^{2+}$  处理时,根系伸长量下降为对照的 26.12%;不同浓度的  $\text{Cu}^{2+}$  处理能降低青菜幼苗地上部的生物量,但在低浓度的  $\text{Cu}^{2+}$  ( $\leq 5 \mu\text{mol/L}$   $\text{Cu}^{2+}$ ) 处理下,青菜根系生物量却有上升的趋势;青菜根系铜含量远大于地上部,随着铜离子处理浓度的升高,根系和地上部的铜含量均显著增加,而地上部的含铜量占植株总铜量的百分比有所下降,根系则相反。

**关键词:**青菜;铜;铜吸收;分布

**中图分类号:** S153.6<sup>+1</sup> **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-0009(2006)04-0001-03

铜是植物生长必需的微量营养元素,对植物生长有着重要的作用,但过量的铜会对植物产生毒害作用。主要表现为使植物的水分代谢、光合作用、呼吸作用等各种生理代谢发生紊乱,生长缓慢<sup>[1]</sup>。蔬菜是人们日常生活中不可缺少的重要食品,蔬菜区遭到重金属污染后,不但严重影响蔬菜的产量和质量,更为严重的是还会通过食物链影响人体健康。试验通过水培研究了铜离子对青菜幼苗生长的影响及铜在植物体内的分布和积累情况,为探讨重金属铜对青菜的毒害机理、实现农产品的无公害化提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

青菜(*Brassica chinensis* L.),品种为上海青。

### 1.2 试验设计与处理

青菜种子经浓度为 0.1% 的  $\text{HgCl}_2$  表面消毒 5min,用去离子水冲洗干净,播种于蛭石中,昼夜温差  $20^\circ\text{C} \sim 25^\circ\text{C}$  培养,2d 后移苗,1/2 Haogland 营养液培养,营养液组成为:  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  2.5mmol/L、 $\text{KNO}_3$  2.5mmol/L、 $\text{MgSO}_4$  1mmol/L、 $\text{KH}_2\text{PO}_4$  1mmol/L、 $\text{Fe-EDTA}$  20 $\mu\text{mol/L}$ 、 $\text{H}_3\text{BO}_3$  46.25 $\mu\text{mol/L}$ 、 $\text{CuSO}_4$  0.32 $\mu\text{mol/L}$ 、 $\text{ZnSO}_4$  0.7 $\mu\text{mol/L}$ 、 $\text{MnCl}_2$  11.1 $\mu\text{mol/L}$ 、 $\text{H}_2\text{MoO}_4$  0.38 $\mu\text{mol/L}$ 。生长期营养液 pH 调至 5.3。幼苗在自然温度和自然光照条件下生长。

**1.2.1 铜离子对青菜根系伸长、植株生物量的影响** 播种 2d 后,选择长势良好、生长均匀的幼苗移植在含 2L 营养液的培养钵中生长,每 2d 更换一次培养液。青菜继续生长 8d 后,用不同浓度的铜离子处理,设计 6 个铜离子浓度:CK ( $0.3$ )、 $1$ 、 $3$ 、 $5$ 、 $7$ 、 $10 \mu\text{mol/LCu}^{2+}$  ( $\text{Cu}^{2+}$  由  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  提

供),每个处理 3 个重复。10d 后测定根系的根长以及根系和地上部的生物量。

**1.2.2 青菜体内铜含量的测定** 试验设 6 个处理,分别为 CK(0.32)、1、3、5、7、 $10 \mu\text{mol/LCu}^{2+}$  ( $\text{Cu}^{2+}$  由  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  提供),每个处理设 3 个重复。铜离子处理 10d 和 30d 时,分别采集植株样品,将根系和地上部分分开,去离子水洗净,105 $^\circ\text{C}$  杀青,75 $^\circ\text{C}$  烘至恒重,用于测定植株铜含量:

### 1.3 测定技术

植物体内铜含量的测定参照 Zhao 等<sup>[2]</sup>的方法。烘干的植物样品用玛瑙研钵磨碎,用  $\text{HNO}_3 - \text{HClO}_4$  (V:V=4:1) 混和液消毒,TAS-986 火焰原子吸收分光光度计(AAS)测定铜的含量。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同浓度铜离子对青菜幼苗生长的影响

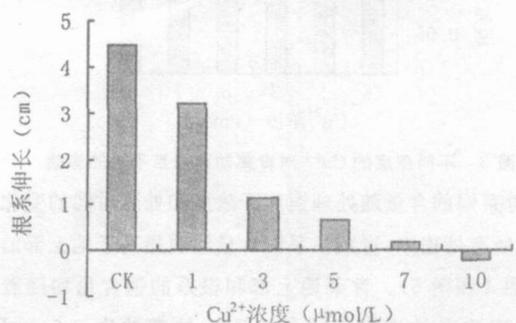


图 1 不同浓度的  $\text{Cu}^{2+}$  对青菜幼苗根系伸长的影响

**2.1.1 对青菜根系生长的影响** 根系是直接受重金属毒害的器官。在水培条件下青菜幼苗在不同浓度  $\text{Cu}^{2+}$  处理 10d,根系净伸长量见图 1。试验结果显示,铜能够显著抑制青菜根系的伸长,随着铜离子处理浓度的增加,根系伸长受抑制越明显。 $1 \mu\text{mol/LCu}^{2+}$  处理时,根系伸长量为对照的

\* 基金项目:河南省科技厅自然科学基金(项目编号:0511030200);  
河南省教育厅科技攻关项目(项目编号:  
200510483005)

收稿日期:2006-01-13

71.64%, 3 $\mu\text{mol/L}$   $\text{Cu}^{2+}$  处理时, 根系伸长量降低为对照的 26.12%, 而 5 $\mu\text{mol/L}$   $\text{Cu}^{2+}$  处理时, 根系伸长量却为对照的 14.93%, 10 $\mu\text{mol/L}$   $\text{Cu}^{2+}$  处理时, 根系出现了负伸长。

2.1.2 不同浓度铜离子处理下青菜植株生物量的变化 低浓度的  $\text{Cu}^{2+}$  处理对青菜幼苗地上部干重影响不大, 随着处理浓度的增加, 青菜地上部干重有所下降(图 2)。5 $\mu\text{mol/L}$   $\text{Cu}^{2+}$  处理下青菜地上部干重为对照的 91.45%, 10 $\mu\text{mol/L}$   $\text{Cu}^{2+}$  处理下青菜地上部干重下降为对照的 67.06%。由图 3 可以看出, 低浓度  $\text{Cu}^{2+}$  处理时( $\leq 5\mu\text{mol/L}$   $\text{Cu}^{2+}$ ), 根系干重随着  $\text{Cu}^{2+}$  处理浓度的增加有上升的趋势, 5 $\mu\text{mol/L}$   $\text{Cu}^{2+}$  处理时, 根系干重达到最大值, 为对照的 1.25 倍, 当  $\text{Cu}^{2+}$  处理浓度继续增加时, 青菜根系干重略有下降。

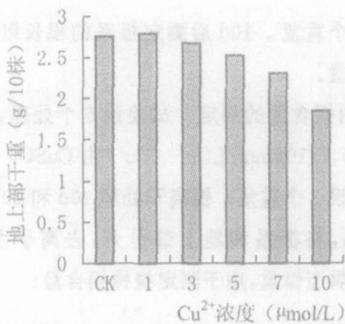


图 2 不同浓度的  $\text{Cu}^{2+}$  对青菜幼苗地上部干重的影响

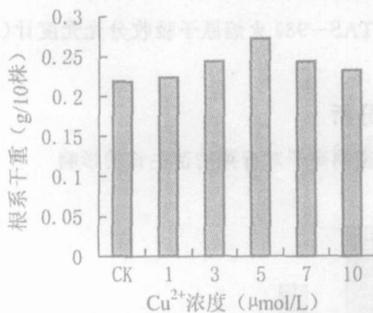


图 3 不同浓度的  $\text{Cu}^{2+}$  对青菜幼苗根系干重的影响

## 2.2 青菜铜的含量随处理铜离子浓度和处理时间的变化

在所有处理中, 青菜根系铜含量均明显高于地上部的铜含量(图 4 和图 5)。青菜地上部和根系的铜含量均随着铜离子处理浓度的增加而增加。  $\text{Cu}^{2+}$  处理浓度  $\geq 5\mu\text{mol/L}$  时, 处理 30d 的青菜地上部和根系铜含量明显大于处理 10d 的青菜地上部和根系铜含量。当  $\text{Cu}^{2+}$  处理浓度为 5 $\mu\text{mol/L}$  时, 处理 30d 青菜地上部的铜含量是处理 10d 青菜地上部的铜含量的 1.5 倍, 处理 30d 的青菜根系铜的含量比处理 10d 的青菜根系铜含量增加 45.94%。图 6 显示了不同浓度的铜离子处理 10d 青菜根系和地上部铜含量占总铜量的百分比。根系铜含量随着铜处理浓度的增加而增加, 而地上部随

着处理浓度的增加呈现下降趋势。

## 3 讨论

铜是植物生长所必需的营养元素, 它参与植物的光合作用, 并且是多酚氧化酶、细胞色素氧化酶、抗坏血酸氧化酶等多种酶类的组成成分<sup>[3]</sup>, 在植物正常生长发育过程中起着重要的作用, 但是过量的铜又会对植物产生毒害。主要表现为能使植物种子的萌发受到抑制, 生长缓慢, 酶活性降低, 严重导致植物不能完成生活史。其中, 以根系生长受到的抑制最为明显<sup>[4]</sup>。紫云英吸收过量铜时, 植株矮小, 主根生长不良, 根系粗短呈褐色。西红柿根伸长抑制率随重金属浓度升高而增大<sup>[5]</sup>。本试验结果表明低浓度铜离子就可以抑制青菜根系的伸长, 随着铜离子处理浓度的增加, 根系净伸长量减少, 1 $\mu\text{mol/L}$   $\text{Cu}^{2+}$  处理时, 根系伸长量为对照的 71.64%, 3 $\mu\text{mol/L}$ 、5 $\mu\text{mol/L}$   $\text{Cu}^{2+}$  处理时, 根系伸长量分别降低为对照的 26.12% 和 14.93%。而 10 $\mu\text{mol/L}$   $\text{Cu}^{2+}$  处理时, 根系出现了负伸长, 这可能是由于青菜在高浓度的铜离子处理下根尖出现了腐烂所致。过量的铜能使植物生长缓慢, 根茎叶生物量减少。10 $\mu\text{mol/L}$   $\text{Cu}^{2+}$  和 50 $\mu\text{mol/L}$   $\text{Cu}^{2+}$  处理使绿豆鲜重降低为对照的 63% 和 31%<sup>[6]</sup>。随着铜离子处理浓度增加, 青菜地上部生物量降低, 而对于根系来说, 低浓度  $\text{Cu}^{2+}$  处理可增加根系干物质重量, 这可能是由于低浓度铜离子处理促进了青菜侧根的发生, 增加了侧根的数目, 从而增加了根系的干物重。

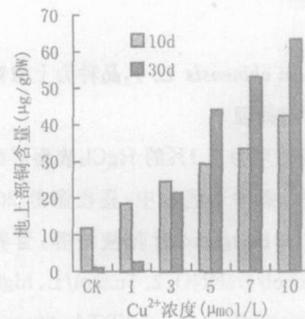


图 4 不同浓度的  $\text{Cu}^{2+}$  处理 10d 和 30d 青菜幼苗地上部的铜含量

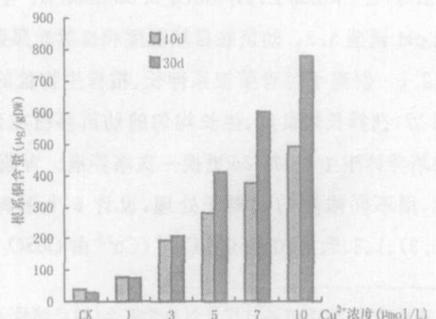


图 5 不同浓度的  $\text{Cu}^{2+}$  处理 10d 和 30d 青菜幼苗根系的铜含量

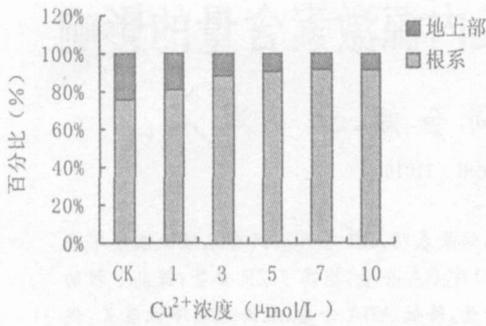


图6 不同浓度的 Cu<sup>2+</sup> 处理 10d 根系和地上部铜含量占植株总铜含量的百分比

一般植物体的含铜量为 5~20mg/kg DW<sup>[7]</sup>。在铜胁迫环境中生长的植物可以将大部分铜积累在根系中,以减少 Cu<sup>2+</sup> 对地上部的危害<sup>[8]</sup>。水培条件下,青菜根系铜含量远远大于地上部。随着铜离子处理浓度的增加,铜含量显著增加(图4和图5)。在 Cu<sup>2+</sup> 处理浓度 ≥ 5 μmol/L 时,处理 30d 的青菜根系和地上部铜含量高于处理 10d 的青菜地上部和根系铜含量,说明青菜对铜的吸收量随着处理时间的延长而增加。高浓度的铜加剧了对植物组织的破坏。随着铜处理浓度的加大,伴随着植株根尖的腐烂,破坏了植物体内的输导组织,影响了铜向地上部位的运输,导致了植株地上部位的铜含量随着铜处理浓度的加大所占植株铜总含量的百分

比有所下降。高浓度的铜会导致酶的破坏,影响离子的正常转运,这也说明了铜向植株地上部位的运输可能是一种主动转运过程。

参考文献:

[1] 江行玉,赵可夫.植物重金属伤害及其抗性机理[J].应用与环境生物学报,2001,7:92-97.  
 [2] Zhao F J, Lombi E, Breendon T et al. Zinc hyperaccumulation and cellular distribution in *Arabidopsis halleri* [J]. Plant Cell Environ, 2000, 23:507-514.  
 [3] 常红岩,孙百晔,刘春生.植物铜素毒害研究进展[J].山东农业大学学报,2000,31(2):7-10.  
 [4] 李锋民,熊治廷,王狄,等.铜铁铅单一及复合污染对饲草幼苗生长的影响[J].农业环境保护 2001,20(7):71-73.  
 [5] 宋玉芳,许华夏,任丽萍.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.  
 [6] Shen Z G, Zhang F Q and Zhang F S. Toxicity of copper and zinc in seedings of Mung Bean and inducing accumulation of polyamine[J]. Plant Nutr., 1998,21(6):1153-1162.  
 [7] Reeves R D, Baker A J M and Brooks R R. Abnormal accumulation of trace metals by plants[J]. Mining Environ Manag., 1995,9:4-5.  
 [8] Bradley R, Burt A J, Read D J. Mycorrhizal infection and resistance to heavy metal toxicity in *Calluna vulgaris* [J]. Nature, 1981,292:335-337.

## Effects and Dynamic distribution of Copper on the Cabbage(*Brassica chinensis* L.) Seedlings

Wang Qi-ming, Zheng Ai-zhen

(Biology department, Shangqiu Normal College of Henan, 476000)

**Abstract:** Hydroponic cultures were conducted to investigate the copper toxicity on the growth of cabbages seedlings, Experiments were also carried out to study the absorption and distribution of copper in cabbages. The results showed that different Cu<sup>2+</sup> concentration can restrict the root growth of cabbages and decrease biomass of seeding, s above-ground, but at low Cu<sup>2+</sup> concentration (≤ 5 μmol/L Cu<sup>2+</sup>) treatment, the root system biomass increased. Cabbage has higher copper concentration in its roots, but lower in shoots. Copper concentration in plant roots and shoots increase with increasing copper concentration in solution, but its whole copper percentage rate in shoots was decreased while in root increased.

**Key words:** Cabbage; copper; copper uptake;