

# 棕壤中铜对茄子产量及果实中铜积累量的影响

依艳丽, 刘珊珊, 张大庚, 程希雷, 李 迎, 赵鸣镝

(沈阳农业大学 土地与环境学院, 辽宁 沈阳 110161)

**摘 要:**研究了棕壤中全量铜与 5 种形态铜对茄子产量及果实中积累量的影响。结果表明:低浓度全量铜( $< 80\text{ mg/kg}$ )显著增加茄子产量,高浓度( $> 200\text{ mg/kg}$ )则造成减产,除残渣态外其它形态的铜与全量铜对茄子产量的影响呈类似的规律。同时茄子果实内铜的积累量与土壤中铜含量呈正相关性。

**关键词:**铜;茄子;土壤污染

中图分类号: S 641.106<sup>+</sup>.1 文献标识码: A 文章编号: 1001-0009(2010)05-0047-03

铜是植物生长必需的微量营养元素之一。但过量的铜不仅降低农作物的产量,破坏土壤生物化学过程并导致土壤肥力下降,而且可能通过食物链的累积危害动物和人类的健康<sup>[1]</sup>。过量导致一系列生物代谢过程的紊乱,并最终抑制植物生长而导致作物减产<sup>[2-3]</sup>。近年来,电镀、铅铜材、地砖、印染、化工等重金属污染型工矿企业遍布全国,工业“三废”、城市垃圾等的排放及其农用化日趋广泛使得高铜猪粪等有机肥大量涌入农田,土壤环境铜污染日益严重,植物的铜毒害问题逐渐显现,引起了国内外很多科研人员的广泛关注<sup>[6-10]</sup>。但由于土壤组成性质的复杂性,不同土壤污染物的临界浓度应该有基于试验研究基础上的地方标准。此外我国多以土壤中铜的全量反映其对作物的影响,关于铜对作物影响的评价应以哪些化学形态为指标更为科学,目前还不明确。合理污染指标的确定有助于保证工农业生产的可持续性、植物、动物和人类的健康。

该试验研究了棕壤中全量铜与 5 种形态的铜对茄子产量及果实内积累量的影响。为确定铜的主要影响形态、含铜污水、污泥土地的处理及制定土壤铜环境容量的地方标准等提供一定的科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验方法

试验采用盆栽试验与室内分析相结合的方法,于 2009 年 4 月 26 日至 8 月 10 日在沈阳农业大学网室中进行。供试土壤为棕壤,基本性状为:有效磷 $43.98\text{ mg/kg}$ 、

碱解氮 $31.41\text{ mg/kg}$ ,速效钾 $37.68\text{ mg/kg}$ ,全钾 $15.21\text{ g/kg}$ ,全磷 $1.03\text{ g/kg}$ ,全氮 $0.55\text{ g/kg}$ ,有机质 $6.57\text{ g/kg}$ ,pH 6.9,全铜 $0.34\text{ mg/kg}$ 。

试验时每盆装 $12.5\text{ kg}$ 风干土,各处理投加铜量(以纯铜计)分别为 $0(\text{CK})$ 、 $60$ 、 $80$ 、 $100$ 、 $200$ 、 $250\text{ mg/kg}$ 土。每个处理重复 3 次。同时施等量的氮、磷、钾作底肥,将土壤、铜、肥料等充分拌匀,装盆,按常规方法管理。

### 1.2 测定项目及方法

茄子产量于收获前 1 周测定。土壤中总铜含量采用硝酸、高氯酸消煮,原子吸收测定;土壤中 5 种形态铜含量采用 Tessier 逐级提取法;茄子果实内铜含量采用硝酸、高氯酸消煮,原子吸收测定。

## 2 结果与分析

### 2.1 铜胁迫对茄子产量的影响

测定外源重金属对产量的影响是常用的毒性试验指标。铜对茄子的影响可以直接由茄子生长强烈受抑制时的土壤中全量铜、可交换态铜、碳酸盐结合态铜、铁锰氧化物结合态铜、有机结合态铜、和残渣态铜的浓度反映。在该试验情况下,铜浓度的增加显著影响茄子的产量。

由图 1 看出, $60\text{ mg/kg}$ 铜处理有增加茄子产量的趋势,铜含量 $91.64\text{ mg/kg}$ 时产量最高,然后随着铜浓度的增加产量开始下降, $200\text{ mg/kg}$ 铜使茄子显著减产, $250\text{ mg/kg}$ 导致产量只有对照的 $76\%$ 。当土壤中全量铜含量为 $213.79\text{ mg/kg}$ 茄子减产 $10\%$ 。

由图 2 看出,土壤中可交换态铜含量对茄子产量的影响与土壤中全量铜对茄子产量的影响呈现大体相同的趋势,即低浓度的增加产量,高浓度显著减少产量。当土壤中可交换态铜含量达到 $1.84\text{ mg/kg}$ 时茄子产量达到最高,然后随着可交换态铜浓度的增加产量开始下

第一作者简介:依艳丽(1961-),女,博士,教授,现从事土壤物理、土壤肥力和环境保护研究工作。  
基金项目:大型科学仪器设备共享服务专项资助项目(2007GX-01)。  
收稿日期:2009-11-18

降, 当可交换态铜为 4.41 mg/kg 时茄子减产 10%。

由表 1 可看出土壤中碳酸盐结合态铜、铁锰氧化物结合态铜和有机结合态铜含量对茄子产量的影响都呈现低浓度促进高浓度抑制的作用。当其含量分别达到 46.85、5.91、115.13 mg/kg 时茄子减产 10%。残渣态铜含量与茄子产量相关性不明显。

表 1 土壤中全量铜及 5 种形态铜的含量与茄子单株产量的相关曲线

全量	$y=-0.0121x^2+2.2177x+803.67$	0.9626 **
可交换态铜	$y=-27.663x^2+101.94x+813.26$	0.9628 **
碳酸盐结合态铜	$y=-0.0688x^2-0.5093x+870.02$	0.8445 *
铁锰氧化物结合态铜	$y=-22.485x^2+118.15x+810.88$	0.9552 **
有机结合态铜	$y=-0.0335x^2+3.0284x+820.11$	0.9266 **
残渣态铜	$y=-0.0117x^2-0.1162x+834.46$	0.2536

2.2 铜胁迫对茄子果实内铜积累量的影响

随着铜浓度的增加, 茄子果实内铜的含量呈现出明显的增加趋势, 该试验分别研究了土壤中全量铜、可交换态铜、碳酸盐结合态铜、铁锰氧化物结合态铜、有机结合态铜和残渣态铜含量与茄子果实内铜含量的关系。

由图 3.4 和表 2 可看出, 土壤中全量铜含量与茄子果实中铜含量呈极显著的正相关。其中 60.11 mg/kg 的铜就使得茄子果实内的铜含量比 CK 增加了 218.46%, 249.43 mg/kg 的铜使茄子果实内的铜含量比 CK 增加了 127 倍。我国蔬菜食品卫生标准规定蔬菜中铜含量不得超过 10 mg/kg。由此可知当土壤中全量铜达到 201.81 mg/kg 时, 茄子果实中的铜含量为 10 mg/kg。土壤可交换态铜含量与茄子果实内铜含量也有显著的相关性, 且相关程度大于全量铜与茄子果实中铜含量的相关性, 当可交换态铜含量达到 4.05 mg/kg 茄子果实内铜含量达到 10 mg/kg。

表 2 土壤中全量铜及 5 种形态铜的含量与茄子果实内铜含量的相关曲线

铜全量及形态	相关回归方程式	r
全量	$y=0.0486x+0.1919$	0.9794 **
可交换态铜	$y=2.2979x+0.7029$	0.9902 **
碳酸盐结合态铜	$y=0.1996x+2.223$	0.921 *
铁锰氧化物结合态铜	$y=1.4787x+2.0828$	0.92 *
有机结合态铜	$y=0.0948x-0.3407$	0.9786 **
残渣态铜	$y=0.1042x+2.6854$	0.6339

土壤中碳酸盐结合态铜、铁锰氧化物结合态铜、有机结合态铜含量与茄子果实内铜含量都有正相关性, 当其浓度分别达到 38.96、5.35、109.08 mg/kg 时茄子果实内铜含量达到 10 mg/kg。其中残渣态铜含量与茄子果实内铜含量的相关性不明显。

3 结论与讨论

低浓度铜对茄子产量有促进作用, 高浓度则有明显

的抑制作用。全量铜和 4 种形态的铜含量与茄子产量都有一定正相关性, 相关性规律为: 可交换态> 全量> 铁锰氧化物结合态> 有机结合态> 碳酸盐结合态> 残渣态。当全量、可交换态、有机结合态、碳酸盐结合态、铁锰氧化物结合态含量分别为 213.79、4.41、115.13、46.85、3.91 mg/kg 时茄子减产 10%。

茄子果实内的铜含量随外源铜含量的增加而增加呈显著的正相关。相关性规律为: 可交换态> 全量> 有机结合态> 碳酸盐结合态> 铁锰氧化物结合态> 残渣态。目前, 国家无公害蔬菜卫生指标(GB 18406.1-2001) 规定蔬菜中铜含量不得超过 10 mg/kg。应用上述标准全量、可交换态、碳酸盐结合态、铁锰氧化物结合态、有机结合态含量分别为: 201.81、4.05、38.96、5.35、109.08 mg/kg 时茄子果实内铜的积累量达到 10 mg/kg。

综合产量和国家无公害蔬菜卫生指标(GB 18406.1-2001) 方面, 根据铜对茄子胁迫的反应, 拟合相应的回归方程, 计算出棕壤中茄子受铜污染的生态健康浓度: 全量、可交换态、有机结合态、碳酸盐结合态、铁锰氧化物结合态含量分别为: 201.81、4.05、109.08、38.96、3.91 mg/kg。

参考文献

[ 1 ] Stratton M L, Barker A V, Redcigl J E. Compost [ M ] // Redcigl J E (Ed.). Soil amendments and environmental quality. Boca Raton ; Leewis Publishers 1995.

[ 2 ] Wojcik M, Tukiendorf A. Response of wild type of Arabidopsisthaliana to copper stress [ J ]. Biol. plantarum, 2003, 46(1): 79-841.

[ 3 ] Chen C T, Chen L M, Lin C G et al. Regulation of praline accu2 mulation in detached rice leaves exposed to excess copper [ J ]. Plant Sci., 2001, 160: 2893-2901.

[ 4 ] Rama Devi S, Prasad M N V. Copper toxicity in Ceratophyllum demer2 sum L. (Coontail), a free floating macrophyte; Response of antiox2 dant enzymes and antioxidants [ J ]. Plant Sci., 1998, 138(2): 157-1651.

[ 5 ] Luna C M, Gonzalez C A, Trippi V S. Oxidative damage caused by anexcess of copper in oat leaves [ J ]. Plant Cell Physiol, 1994, 35(1): 11-151.

[ 6 ] 廖金凤. 广东省南海市农业土壤中铜锌镍的环境容量 [ J ]. 土壤与环境, 1998, 8(1): 15-18.

[ 7 ] 杨定清, 付绍清. 施用高铜猪粪对土壤环境污染的影响 [ J ]. 土壤农化通报 1998 13(4): 77-79.

[ 8 ] Shen Z, Zhang F. Toxicity of copper and zinc in seedlings of mung bean and inducing accumulation of ployimine [ J ]. J. Plant Nutr, 1998 21(6): 1153-1162.

[ 9 ] 刘春生, 史衍玺, 马丽等. 过量铜对苹果树生长及代谢的影响 [ J ]. 植物营养与肥料学报, 2000, 6(4): 451-456 480.

[ 10 ] 王卫红, 吴刚, 游植舞等. 赤红壤施用 Cu、Zn 对菜心生长和吸收 Cu、Zn 的影响 [ J ]. 华南农业大学学报, 1997, 18(2): 66-71.

# Cu<sup>2+</sup>对豌豆种子萌发及幼苗生长的影响

蒋桂芳

(重庆文理学院 生命科学与技术学院 重庆 402160)

**摘要:**采用水培法研究了不同 Cu<sup>2+</sup> 浓度对豌豆种子的萌发及幼苗生理特性的影响。结果表明:低浓度 Cu<sup>2+</sup> 处理(<20 mg/L)对豌豆生长有促进作用,豌豆幼苗的根系活力及株高、鲜重有所增加,随着 Cu<sup>2+</sup> 浓度的升高,种子萌发率下降、生长受阻,根系活力及叶绿素含量都降低,丙二醛含量呈上升趋势。在较高 Cu<sup>2+</sup> 浓度的影响下,豌豆幼苗的生长受到一定程度的抑制,并随着溶液中 Cu<sup>2+</sup> 浓度的增加,抑制加重。

**关键词:** Cu<sup>2+</sup>;豌豆;萌发率;幼苗生长

**中图分类号:** S 643.204<sup>+</sup>.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)05-0049-03

随着工业、农业、交通等领域含铜污染物的大量排放,铜已成为一种重要的环境污染物。铜是植物生长发育必需的微量元素,对植物正常的生理代谢及生长发育、作物产量的提高、品质的改善都有着极其重要的影响<sup>[1]</sup>,但过量的铜会对植物产生毒害作用<sup>[2]</sup>,引起农作物减产,导致农产品品质下降。农产品中铜含量超标,就会影响到人类的身体健康。目前国内外对有关铜的研究较多,但对铜与植物代谢方面的研究较少且主要选在植物的生长发育阶段,对植物种子的萌发和幼苗生长影响的研究较少,种子萌发和幼苗生长时期的生长状况直接影响到作物以后的生长和产量。因此,研究种子萌发和幼苗生长受铜的影响显得尤为重要。

现以豌豆为材料,研究不同 Cu<sup>2+</sup> 浓度对豌豆种子

的萌芽及幼苗生长的影响,为农业生产合理施用铜这种微量元素提供理论依据,为揭示铜对植物的作用机制提供试验证据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试豌豆品种为朱砂红,购于永川种子公司。

### 1.2 试验方法

种子的萌发参考 Munzuroglu<sup>[3]</sup>,选取均匀一致的豌豆种子用蒸馏水冲洗数次,将冲洗干净的种子整齐排列在铺有 1 层滤纸的培养皿(d=15 cm),每皿 30 粒,用无水 CuSO<sub>4</sub> 配制 Cu<sup>2+</sup> 营养液进行培养。Cu<sup>2+</sup> 浓度设 1、5、10、20、40、60、80、100、150 mg/L,以蒸馏水培养为对照,每组设 3 个重复,在 25℃光照培养箱里培养。根系活力测定采用 TTC 法<sup>[4]</sup>;丙二醛(MDA)采用硫代巴比妥酸法<sup>[4]</sup>;过氧化物酶(POD)采用愈创木酚比色法<sup>[4]</sup>;叶绿素含量采用乙醇提取法<sup>[4]</sup>;蛋白含量测定采用考马斯亮蓝法<sup>[4]</sup>。

**作者简介:** 蒋桂芳(1982-),女,广西桂林人,硕士,讲师,研究方向为植物逆境生理。E-mail: jiang3233@126.com。

**收稿日期:** 2009-11-18

## Effect of Copper on The Average Weight of Eggplant Plant and The Accumulations of Cu by Eggplant Fruits in Brown Soil

YI Yan-li, LIU Shan-shan, ZHANG Da-geng, CHENG Xi-lei, LI Ying, ZHAO Ming-di

(Land and Environment College, Shenyang Agricultural University, Liaoning Key Laboratory of Agricultural Resource and Environment, Shenyang, Liaoning 110161)

**Abstract:** Studied the effect of copper on the average weight of eggplant plant and the accumulations of Cu by eggplant fruits in Brown soil. The results showed that the whole volume of low concentration of copper (<80 mg/kg) had a significant increase in eggplant yield, high concentration (>100 mg/kg) were caused weight cut, addition to residue outside the forms of copper and all other forms of copper on the average weight of eggplant plant was similar to the laws of. At the same time the amount of eggplant in vivo accumulation of copper and copper content in soil was correlated

**Key words:** copper; eggplant; soil pollution