

doi:10.11937/bfyy.20214930

硫酸铜对甜瓜种子萌发及幼苗生长的影响

张 燕¹, 任毛飞², 胥梦洋^{1,2}, 杨 丽¹

(1. 信阳农林学院 园艺学院, 河南 信阳 464000; 2. 湖南农业大学 农学院, 湖南 长沙 410128)

摘 要:以‘蟋蟀羊角蜜’甜瓜种子为试材,以蒸馏水处理作为对照,测量不同浓度(50、100、150、300、500 mg·L⁻¹)硫酸铜处理甜瓜种子后的发芽数、浸出液电导率以及幼苗的根长、根体积、干鲜质量等指标,并计算分析发芽率、活力指数、根冠比等相关指标,研究了不同浓度硫酸铜对甜瓜种子萌发及幼苗生长的影响,以期为甜瓜的研究与利用提供参考依据。结果表明:低浓度硫酸铜可以促进甜瓜种子萌发,较高浓度硫酸铜对甜瓜种子的萌发具有抑制作用,当硫酸铜浓度为 100 mg·L⁻¹时,甜瓜种子萌发促进效果最好,此时发芽率、干鲜质量、根冠比分别为 94.67%、0.014 6 g、0.063 4 g、0.542 5,与 CK 相比分别提高 6.77%、5.80%、16.12%、11.46%。当浓度为 150 mg·L⁻¹时,对种子萌发出抑制作用,随着硫酸铜浓度的增加抑制作用加强,当硫酸铜浓度为 500 mg·L⁻¹时,抑制效果最明显,此时发芽率、干鲜质量、根冠比分别为 80.00%、0.012 5 g、0.044 5 g、0.404 6,与 CK 相比分别下降 9.78%、10.07%、18.50%、16.87%,不同浓度硫酸铜种子浸出液电导率的回归模型为 $y=0.5769x^{0.1733}$, $R^2=0.9517$ 。

关键词:甜瓜;种子萌发;幼苗;硫酸铜

中图分类号:S 652 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2022)11-0037-07

甜瓜(*Cucumis melo*)属葫芦科(Cucurbitaceae)黄瓜属(*Cucumis*)一年生蔓生草本植物,主要原产非洲和亚洲热带地区,是世界十大果品之一,也是我国重要的设施栽培作物。我国是世界重要的甜瓜种植国和消费国,改革开放以来,我国甜瓜产业发展迅速,面积、产量均位居全球第一。截至

2018 年我国甜瓜的收获面积、产量分别为 35.45 万 hm²、1 272.73 万 t,占全球的 33.85%、46.54%^[1]。甜瓜易于栽培管理、生长周期短、适应性较强且经济效益好,富含维生素、蛋白质、脂肪、碳水化合物和矿物质,具有较高的经济价值和广阔的消费市场^[2]。甜瓜果实香甜,不仅可供鲜食,而且还可以加工成果脯、瓜汁、瓜干、罐头和腌渍品等,还具有良好的保健和护肤等功效,因此深受广大消费者喜爱。

重金属污染是我国目前主要的土壤环境污染问题。土壤重金属的来源,一是化学肥料的过度使用,二是直接排放含重金属的污染物,三是当牲畜食用含有重金属成分添加剂的饲料后,重金属成分也会随着粪便施肥后进入土壤^[3]。汽车排放的尾气中也含有少量的重金属物质,以各种形式进入土壤中,造成严重的土壤污染^[4]。铜是植物生长发育过程中必须的重要微量元素,参与很多生理代谢过程,铜对作物的发育、品质、产量等有

第一作者简介:张燕(1979-),女,硕士,副教授,现主要从事园艺植物组织培养与无土栽培等研究工作。E-mail:tan_ya_2001@126.com.

责任作者:杨丽(1981-),女,硕士,副教授,现主要从事园艺作物栽培与种质创新等研究工作。E-mail:sunnylily000@126.com.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(32002083);2020 年度河南省新农科研究与改革实践资助项目(2020JGLX147);信阳农林学院 2019 年度本科专业校级教学团队资助项目(JXTD201905);信阳市大别山区野生园艺植物种质资源开发利用重点实验室建设资助项目。

收稿日期:2021-12-04

重要影响,一定范围内的铜能够维持植物正常的生长发育^[5]。过量的铜也会使作物受到毒害,如植物体内的铜积累过量,会抑制其光合作用、破坏植物体中的离子平衡,使植物生理紊乱,进一步引起铜毒害^[6-7]。随着农业、工业、交通等领域含铜污染物的大量排放,铜成为一种重要的环境污染物,土壤中的铜不能被微生物所降解,因此土壤环境中出现的重金属问题引起人们的广泛关注^[8-11]。

薛盈文等^[7]以小麦种子为试材研究不同铜离子浓度对小麦种子萌发、根芽生长等的影响,发现随着铜离子浓度的升高,小麦种子的发芽率呈先升高后降低的趋势,根长、芽长逐渐降低。袁长凯等^[12]以7个陆地棉花品种种子为试材,研究铜胁迫对棉花种子萌发的影响,发现随着铜离子浓度的升高,对幼苗鲜质量、根长等抑制程度增加。张鹤山等^[13]以“鄂牧1号”白三叶为试材研究铜胁迫下白三叶种子萌发特性和根系生长发育的影响,发现随着铜离子浓度的增加,白三叶种子萌发和根系发育受到不同程度的抑制。陆奇杰等^[14]以盆栽法研究铜胁迫对茅苍术生理指标的影响,发现低浓度的铜胁迫对茅苍术生长发育有促进作用,高浓度的铜会影响茅苍术的正常生长发育。陈玉胜等^[15]研究铜胁迫对水稻和小麦种子萌发的影响,发现铜胁迫达到一定浓度时,水稻和小麦种子的萌发受到显著抑制,显著降低幼苗的根长。

种子发芽和幼苗生长是作物整个生长过程的重要阶段。这一时期的生长状况直接影响着作物的生长和产量,也是对外部环境变化最敏感的阶段。因此,研究重金属对作物种子发芽和幼苗生长的影响非常重要。该研究通过硫酸铜对甜瓜种子萌发及其相关指标的筛选,以期对甜瓜的研究与利用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为‘蟋蟀羊角蜜’甜瓜种子(兴海县禾之源农业发展有限公司),硫酸铜(AR,天津市巴斯夫化工有限公司),电导仪(DDSJ-308A,上海圣科仪器设备有限公司),恒温生化培养箱(250B,常州市华普达教学仪器有限公司),分析天平(FA3104N,上海菁海仪器有限公司)。

1.2 试验方法

2020年11月10日至12月30日在信阳农林学院实验楼进行种子萌发试验。试验设置6个处理,采用完全随机试验设计(表1)。

表1 不同处理的硫酸铜浓度

Table 1 Concentration of copper sulfate in different treatments

处理 Treatments	硫酸铜 Copper sulfate/(mg·L ⁻¹)
CK	0
T1	50
T2	100
T3	150
T4	300
T5	500

每处理设置3次重复,每个重复用100粒种子,共计1800粒种子。种子在各处理中浸泡10h后用蒸馏水冲洗干净,放在通风处自然风干,将风干后的种子排列在铺有2层滤纸的培养皿中,然后放入25℃培养箱中进行暗培养,直到80%以上胚根≥2mm,再将种子放置在光-暗周期为12h/12h(昼温25℃,夜温15℃)的培养箱中培养。每天分别于08:00、20:00观察2次,记录甜瓜种子萌发的情况。

1.3 项目测定

每个重复取20株测量发芽率、电导率、根体积、干鲜质量等相关指标,测定方法参考文献[16]~[17]。

1.4 数据分析

利用SPSS 20.0软件进行单因素方差分析,不同小写字母表示5%水平下差异显著($P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同浓度硫酸铜对甜瓜种子萌发的影响

2.1.1 不同浓度硫酸铜对甜瓜种子发芽率的影响

由图1可知,处理T2的发芽率与CK、T3、T4、T5处理之间均有显著性差异,CK和T5之间差异性达到显著水平,处理T1与T3、T4、T5处理的差异性均达到显著水平,CK与T1之间无显著性差异,CK、T3、T4处理之间均无显著性差异。

随着硫酸铜浓度的增加,甜瓜种子的发芽率先升高后降低,其中,T2(100 mg · L⁻¹硫酸铜)处理的效果最好,发芽率为 94.67%,与 CK 相比提高了 6.77%。T3(150 mg · L⁻¹硫酸铜)出现抑制作用,发芽率为 85.67%,与 CK 相比降低了 3.38%。

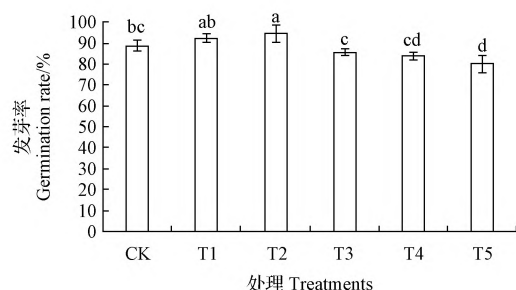


图 1 不同浓度硫酸铜对甜瓜种子发芽率的影响

Fig. 1 Effects of different concentrations of copper sulfate on the germination rate of melon seeds

2.1.2 不同浓度硫酸铜对甜瓜种子发芽指数的影响

由图 2 可知,处理 T2 的发芽指数与 CK、T3、T4、T5 处理之间均有显著性差异,CK 和 T5 之间差异性达到显著水平,处理 T1 与 T3、T4、T5 处理之间的差异性均达到显著水平,CK、T1 与 T3、T4 处理之间均无显著性差异。

随着硫酸铜浓度的增加,甜瓜种子的发芽指数呈先升高后降低的趋势,其中 T2 处理(100 mg · L⁻¹硫酸铜)的效果最优,发芽指数为 15.67,与对照相比提高了 7.77%。T3 处理(150 mg · L⁻¹硫酸铜)发芽指数出现抑制现象,发芽指数为 14.26,与对照相比降低了 1.93%。

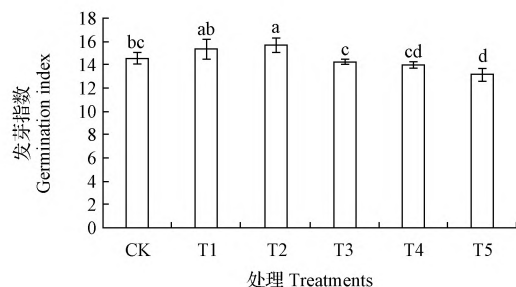


图 2 不同浓度硫酸铜对甜瓜种子发芽指数的影响

Fig. 2 Effects of different concentrations of copper sulfate on germination index of melon seeds

2.1.3 不同浓度硫酸铜对甜瓜种子活力指数的影响

由图 3 可知,处理 T2 的活力指数与其它处理之间均有显著性差异,CK 与 T3、T4、T5 处理之间的差异性均达到显著水平,CK、T1 和 T3、T4 处理之间差异性均未达到显著水平。

随着硫酸铜浓度的增加,甜瓜种子的活力指数先上升后下降,其中 T2 处理(100 mg · L⁻¹硫酸铜)效果最佳,此时,活力指数为 0.229 3,与 CK 相比提高了 13.80%。T3 处理(150 mg · L⁻¹硫酸铜)下活力指数出现抑制现象,此时,活力指数为 0.187 5,与 CK 相比降低了 6.95%。

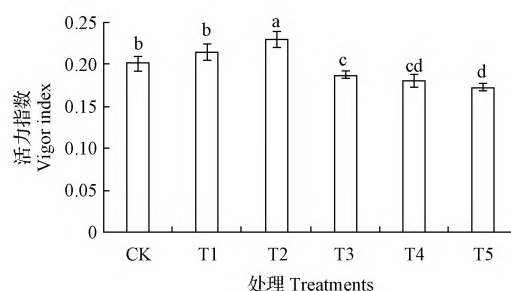


图 3 不同浓度硫酸铜对甜瓜种子活力指数的影响

Fig. 3 Effects of different concentrations of copper sulfate on seed vigor index of melon seeds

2.1.4 不同浓度硫酸铜对甜瓜种子简化活力指数的影响

由图 4 可知,处理 T2 的简化活力指数与其它处理之间均有显著性差异,CK 与 T4、T5 之间的差异性均达到显著水平,处理 T1 与 T4、T5 之间的差异性均达到显著水平,CK、T1、T3 之间均无显著性差异,T4、T5 处理之间无显著性差异。

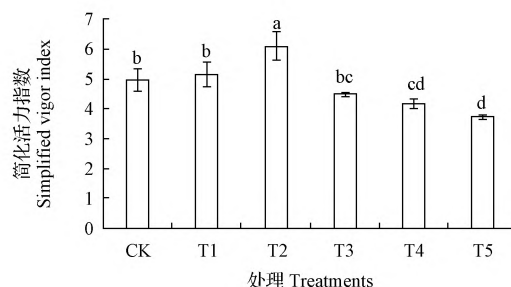


图 4 不同浓度硫酸铜对甜瓜种子简化活力指数的影响

Fig. 4 Effects of different concentrations of copper sulfate on the simplified vigor index of melon seeds

甜瓜种子的简化活力指数随着硫酸铜浓度的增加先升高后降低,简化活力指数最高时为 T2 处理($100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸铜),为 6.09,与 CK 相比提高了 22.53%。T3 处理($150 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸铜)下简化活力指数出现抑制现象,为 4.48,与 CK 相比降低 9.86%。

2.2 不同浓度硫酸铜对甜瓜种子浸出液电导率的影响

由表 2 可知,处理 T5 与 CK、T1、T2、T3 之间有显著性差异,处理 T4 与 CK、T1 之间差异性达到显著水平,处理 T1、T2、T3 与 T2、T3、T4 之间均无显著性差异。

甜瓜种子浸出液的电导率随硫酸铜浓度的增大呈上升的趋势,处理 T5($500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸铜)的电导率最高为 $0.81 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$,与 CK 相比上升了 39.65%,不同浓度硫酸铜与种子浸出液电导率的回归模型为 $y = 0.5769x^{0.1733}$, $R^2 = 0.9517$ 。

表 2 不同浓度硫酸铜对甜瓜种子浸出液电导率的影响

Table 2 Effects of different concentrations of copper sulfate on the conductivity of melon seed extract

处理 Treatments	电导率 Conductivity/($\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$)
CK	$0.58 \pm 0.04\text{d}$
T1	$0.64 \pm 0.05\text{cd}$
T2	$0.71 \pm 0.06\text{bc}$
T3	$0.72 \pm 0.05\text{bc}$
T4	$0.75 \pm 0.04\text{ab}$
T5	$0.81 \pm 0.04\text{a}$

2.3 不同浓度硫酸铜对甜瓜幼苗根系生长的影响

2.3.1 不同浓度硫酸铜对甜瓜幼苗根长的影响

从图 5 可以看出,处理 T2 与 CK、T3、T4、T5 之间的根长均具有显著性差异,CK 与 T5 之间有显著性差异,处理 T1 与 T4、T5 之间的差异性均达到显著水平,CK、T1、T3 和 CK、T3、T4 之间均无显著性差异。

甜瓜幼苗的根长随着硫酸铜浓度的增加先升高后降低,T2 处理($100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸铜)的根长最大,为 6.43 cm,与 CK 相比提高了 14.82%。T3 处理($150 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸铜)出现抑制作用,此

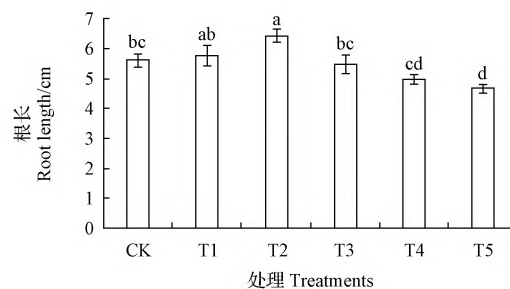


图 5 不同浓度硫酸铜对甜瓜幼苗根长的影响

Fig 5 Effects of different concentration of copper sulfate on the root length of melon seedlings

时根长为 5.47 cm,与 CK 相比降低了 2.32%。

2.3.2 不同浓度硫酸铜对甜瓜幼苗根体积的影响

从图 6 可以看出,处理 T2 与其它处理间的根体积的差异性均达到显著水平,CK 与 T4、T5 之间差异性均达到显著水平,处理 T1 与 T3、T4、T5 之间有显著性差异,CK 与 T3 处理间均无显著性差异,T3、T4、T5 处理间均无显著性差异。

随着硫酸铜浓度的增加,根体积先升高后降低,T2 处理($100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸铜)的效果最好,此时根体积为 0.0404 cm^3 ,与 CK 相比增加了 12.22%。T3 处理($150 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸铜)出现抑制作用,此时根体积为 0.0344 cm^3 ,与 CK 相比降低了 4.44%。

2.3.3 不同浓度硫酸铜对甜瓜幼苗根鲜质量的影响

从图 7 可以看出,处理 T2 的根鲜质量与其它处理之间均具有显著性差异,CK 与 T4、T5 间差异性达到显著水平,处理 T1 与 T3、T4、T5 间

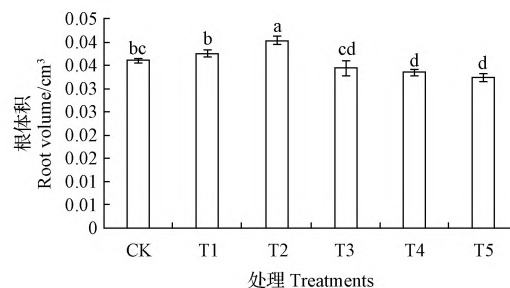


图 6 不同浓度硫酸铜对甜瓜幼苗根体积的影响

Fig 6 Effects of different concentrations of copper sulfate on the root volume of melon seedling

差异性均达到显著水平,CK 与 T1 之间无显著性差异,处理 T3、T4、T5 之间均无显著性差异。

根鲜质量随着硫酸铜浓度的升高,先上升后下降,处理 T2($100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸铜)的效果最佳,根鲜质量为 0.0188 g ,与 CK 相比增加了 11.24% 。处理 T3($150 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸铜)的根鲜质量出现抑制现象,根鲜质量为 0.0163 g ,与 CK 相比减少了 3.55% 。

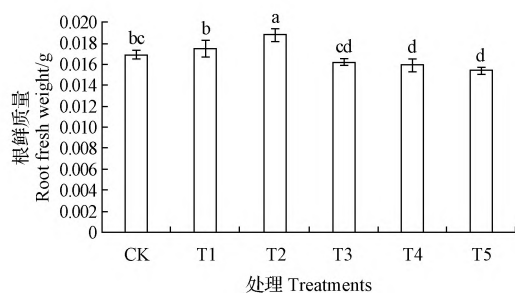


图 7 不同浓度硫酸铜对甜瓜幼苗根鲜质量的影响

Fig. 7 Effects of different concentrations of copper sulfate on the fresh root weight of melon seedlings

2.4 不同浓度硫酸铜对甜瓜幼苗植株干鲜质量的影响

2.4.1 不同浓度硫酸铜对甜瓜幼苗植株干质量的影响

由图 8 可知,T2 与其它处理间的差异性均达到显著水平,CK 与 T3、T4、T5 之间差异性均达到显著水平,CK、T1 之间无显著性差异,T3、T4 处理和 T4、T5 处理之间差异性均未达到显著水平。

随着硫酸铜浓度的增加,甜瓜幼苗植株的干

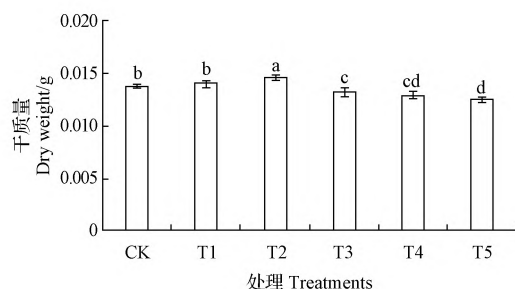


图 8 不同浓度硫酸铜对甜瓜幼苗植株干质量的影响

Fig. 8 Effects of different concentrations of copper sulfate on the dry weight of melon seedlings

质量呈先上升后降低的趋势,T2 处理($100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸铜)的幼苗干质量效果最佳,为 0.0146 g ,与 CK 相比增加了 5.80% ,T3 处理下($150 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸铜)出现抑制现象,其干质量为 0.0132 g ,与 CK 相比减少了 5.04% 。

2.4.2 不同浓度硫酸铜对甜瓜幼苗植株鲜质量的影响

由图 9 可知,处理 T2 与 CK、T3、T4、T5 的鲜质量的差异性均达到显著水平,CK 和 T5 之间有显著性差异,处理 T1 与 T3、T4、T5 之间差异性均达到显著水平,CK 与 T1 处理间无显著性差异,CK 与 T3、T4 处理间无显著性差异。

甜瓜幼苗植株的鲜质量随着硫酸铜浓度的增加先上升后降低,T2 处理($100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸铜)的幼苗鲜质量效果较好,为 0.0634 g ,与 CK 相比增加了 16.12% ,T3 处理($150 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸铜)下幼苗鲜质量出现抑制现象,为 0.0493 g ,与 CK 相比减少 9.71% 。

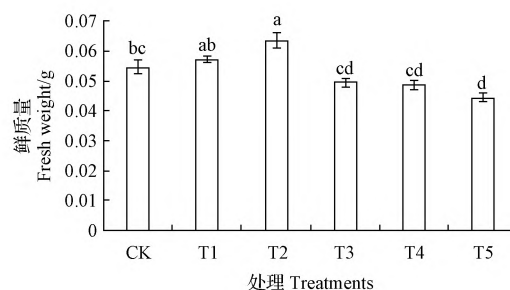


图 9 不同浓度硫酸铜甜瓜幼苗植株鲜质量的影响

Fig. 9 Effects of different concentrations of copper sulfate on the fresh weight of melon seedlings

2.5 不同浓度硫酸铜对甜瓜幼苗植株根冠比的影响

从表 3 可以看出,处理 T2 与 CK、T3、T4、T5 之间均有显著性差异,CK 与 T4、T5 之间差异性均达到显著水平,CK 与 T1、T3 处理间均无显著性差异,T3、T4 处理间无显著性差异。

甜瓜幼苗的根冠比随着硫酸铜浓度的增加先上升后下降,根冠比最高时为处理 T2($100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸铜) 0.5425 ,与 CK 相比增加了 11.46% 。处理 T3 下($150 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸铜)出现抑制现象,根冠比为 0.4667 ,与 CK 相比降低了 4.11% 。

表3 不同浓度硫酸铜对甜瓜幼苗植株根冠比的影响
Table 3 Effects of different concentrations of copper sulfate on the root-shoot ratio of melon seedlings

处理 Treatments	根冠比 Root-shoot ratio
CK	0.486 7±0.121 4b
T1	0.515 7±0.121 3ab
T2	0.542 5±0.318 5a
T3	0.466 7±0.027 3bc
T4	0.428 3±0.132 0cd
T5	0.404 6±0.060 9d

3 讨论与结论

铜是重要的微量元素,所以低浓度铜对作物种子萌发初期有一定的促进作用,但过量的铜会影响种子萌发。张亚娟^[18]研究不同铜浓度对大麻品种萌发的影响,得出“云麻6号”“云麻7号”的发芽率、发芽指数、活力指数在低浓度(50、100 mg·L⁻¹)处理下与对照相比有所增加,在150~900 mg·L⁻¹随着浓度增加呈下降趋势,抑制效果越来越显著,这一结果与该试验结果相似。宋红等^[19]研究发现在铜离子浓度低于50 mg·L⁻¹,镉离子浓度低于5 mg·L⁻¹时对玉蝉花种子萌发有促进作用,而铜离子浓度高于50 mg·L⁻¹,镉离子浓度高于5 mg·L⁻¹时玉蝉花种子萌发会受到抑制,随着浓度的升高,玉蝉花几乎不长根,叶片部分变黄,出现铜中毒现象,与该试验在铜离子低浓度时有促进作用结果相似。张刚等^[20]研究铜胁迫对黑麦草种子萌发,得出黑麦草种子的发芽率随着铜浓度的增加先升高后降低,且胁迫浓度越高抑制作用越强,与该试验结果一致。

铜会对幼苗期产生影响。薛盈文等^[7]研究发现随着铜离子浓度的升高,小麦幼苗叶绿素含量逐渐降低,光合作用受到抑制,当铜离子浓度为50、70 mg·L⁻¹时,SOD、CAT活性显著增加,当铜离子浓度为100、150 mg·L⁻¹时,小麦POD活性及MDA含量均明显升高。张鹤山等^[13]研究发现Cu²⁺浓度在50 mg·L⁻¹时白三叶根长以及根表面积达到显著性差异,并在此后下降,根系平均直径在铜离子胁迫下不同程度地增大,浓度为10 mg·L⁻¹时根系平均直径最大,说明铜胁迫抑制根系的生长使根系变粗变短,与该试验甜瓜根长在低浓度时差异性达到显著水平结果相似。周

娜娜等^[17]以红花生为试材,研究硫酸铜溶液对花生幼苗生长及生理代谢的影响,结果表明花生幼苗的鲜质量和侧根长度随着铜离子浓度的增加而持续下降,MDA含量、茎叶中的相对电导率随着硫酸铜浓度增加持续上升,主根长、株高、茎和叶片中脯氨酸含量,叶片中CAT、SOD和POD活性,叶绿素a、叶绿素b、类胡萝卜素含量均呈先升高后降低的趋势。张亚娟^[18]研究不同铜浓度对大麻品种苗期的影响,得出“云麻7号”在铜浓度为300 mg·kg⁻¹处理下苗高、叶绿素与对照差异不显著,而后随着浓度增加各个生理指标影响作用越明显,“云麻7号”的根、茎、叶、干质量也随铜浓度的增大呈先增加后下降趋势,与该试验中甜瓜幼苗的影响相似。

综上所述,随着硫酸铜浓度的增加,甜瓜种子萌发总体呈先升高后降低的趋势,100 mg·L⁻¹硫酸铜对种子萌发的促进作用明显,发芽率为94.67%,与CK相比提高6.77%,植株干、鲜质量分别为0.014 6 g、0.063 4 g,与CK相比分别增加了5.80%、16.12%,根冠比为0.542 5,与CK相比提高了11.46%。在处理T3(150 mg·L⁻¹硫酸铜)时对种子萌发呈现抑制作用,随着硫酸铜浓度的增加抑制作用加强,500 mg·L⁻¹硫酸铜抑制效果最大,发芽率、干鲜质量、根冠比分别为80.00%、0.012 5 g、0.044 5 g、0.404 6,与CK相比分别下降9.78%、10.07%、18.50%、16.87%,不同浓度硫酸铜与种子浸出液电导率的回归模型为 $y=0.5769x^{0.1733}$, $R^2=0.9517$ 。

参考文献

- [1] 王娟娟,李莉,尚怀国.我国西瓜甜瓜产业现状与对策建议[J].中国瓜菜,2020,33(5):69-73.
- [2] BRANHAM S E, LEVI A, KATAWCZIK M, et al. Construction of a genome-anchored, high-density genetic map for melon (*Cucumis melo* L.) and identification of *Fusarium oxysporum* f. sp. melonis race 1 resistance QTL[J]. Theoretical and Applied Genetics, 2018, 131(4): 829-837.
- [3] 陈雅丽,翁莉萍,马杰,等.近十年中国土壤重金属污染源解析研究进展[J].农业环境科学学报,2019,38(10):2219-2238.
- [4] 王倩倩,王大祥.土壤重金属污染治理存在的问题及对策[J].河南科技,2019(34):147-149.
- [5] JICHUL B, DIANE L B, ALAN K W. Effect of heavy metals on seed germination and seedling growth of common ragweed and roadside ground cover legumes[J]. Environmental Pollution,

2016,213;112-118.

[6] 向魏. 铜胁迫对亚麻萌发、产量及生理特性影响[D]. 武汉: 华中农业大学, 2020.

[7] 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.

[8] 高东菊, 张凤娥, 孔德颖, 等. 重金属铜铅对 2 种凤尾鸡冠花品种种子萌发的影响[J]. 东北林业大学学报, 2021, 49(2): 36-40.

[9] 徐金玉, 王伟伟, 王惠, 等. 铜污染土壤的生物修复研究进展[J]. 生物工程学报, 2020, 36(3): 471-480.

[10] 公勤, 康群, 王玲, 等. 重金属铜对植物毒害机理的研究现状及展望[J]. 南方农业学报, 2018, 49(3): 469-475.

[11] ANYANWU J C, RUFUS L N, DULUORA J O, et al. Comparative analysis of heavy metals in *Carica papaya* (pawpaw) fruit and soil in selected urban, rural and forestland in Owerri, Imo State[J]. International Journal of Advanced Research, 2020, 8(3): 10-20.

[12] 袁长凯, 罗海华, 陈功, 等. 不同棉花基因型种子萌发响应铜

胁迫的差异[J]. 作物杂志, 2020(3): 53-59.

[13] 张鹤山, 王志勇, 张志飞, 等. 铜胁迫下白三叶种子萌发及根系生长研究[J]. 种子, 2020, 39(12): 13-16.

[14] 陆奇杰, 巢建国, 谷巍, 等. 铜胁迫对茅苍术光合特性及生理指标的影响[J]. 中药材, 2018, 41(7): 1534-1538.

[15] 陈玉胜, 陈全战, 邹旭婷. 铜胁迫对水稻和小麦种子萌发的影响[J]. 南京晓庄学院学报, 2018, 34(6): 82-86.

[16] 任毛飞, 张燕, 李蒙, 等. IAA 和 GA₃ 对黄瓜种子萌发的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2019(4): 42-45.

[17] 周娜娜, 武耀廷, 高华援, 等. 铜胁迫对花生幼苗生长及生理代谢的影响[J]. 东北农业科学, 2019, 44(6): 6-9.

[18] 张亚娟. 重金属铜胁迫对大麻种子萌发和麻苗生长与生理的影响[D]. 昆明: 云南大学, 2018.

[19] 宋红, 田晓璇. 铜、镉单一及复合胁迫对玉蝉花种子萌发的影响[J]. 种子, 2020, 39(9): 100-109.

[20] 张刚, 翁悦, 李德香, 等. 铜胁迫对黑麦草种子萌发及幼苗生理生态的影响[J]. 东北师大学报(自然科学版), 2019, 51(1): 119-124.

Effects of Copper Sulfate on Seed Germination and Seedling Growth of Muskmelon

ZHANG Yan¹, REN Maofei², XU Mengyang¹, YANG Li¹

(1. College of Horticulture, Xinyang Agriculture and Forestry University, Xinyang, Henan 464000,; 2. College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128)

Abstract: Taking ‘Cricket Horn Honey’ melon seeds as the test material, treated with distilled water as control, and different concentrations (50, 100, 150, 300, 500 mg · L⁻¹) copper sulfate treatment of melon seeds were set, the number of germination, the conductivity of the extract, the root length, root volume, dry and fresh weight of the seedlings were measured. The germination rate, vigor index, root shoot ratio and other related indicators were calculated and analyzed. The effects of different concentrations of copper sulfate on the germination and seedling growth of melon seeds, in order to provide reference for the research and utilization of melon. The results showed that low concentration of copper sulfate could promote the germination of melon seeds, and higher concentration of copper sulfate had an inhibitory effect on the germination of melon seeds. When the concentration of copper sulfate was 100 mg · L⁻¹, the effect of promoting the germination of melon seeds was the best. At this time, the germination rate, plant dry and fresh weight, and root shoot ratio were 94.67%, 0.0146 g, 0.0634 g, and 0.5425, respectively, which were increased by 6.77%, 5.80%, 16.12%, 11.46% compared with CK. When the concentration was 150 mg · L⁻¹, it had an inhibitory effect on seed germination. As the concentration of copper sulfate increases, the inhibitory effect strengthens. When the concentration of copper sulfate was 500 mg · L⁻¹, the inhibitory effect was the heaviest, and germination occurs at this time. The germination ratio, dry and fresh weight, root shoot ratio were 80.00%, 0.0125 g, 0.0445 g, 0.4046, respectively, which were 9.78%, 10.07%, 18.50%, 16.87% lower than that of CK. The regression model was $y=0.5769x^{0.1733}$, $R^2=0.9517$.

Keywords: *Cucumis melo*; seed germination; seedling; copper sulfate