

铜离子对中国水仙生长发育的影响

林晓红^{1,2,3}, 陈莺^{2,3}, 潘东明^{2,3}, 钟娴^{2,3}, 潘腾飞^{2,3}

(1. 漳州城市职业学院, 福建 漳州 363000; 2. 福建农林大学 园艺学院, 福建 福州 350002;

3. 福建农林大学 贮运保鲜研究所, 福建 福州 350002)

摘要:以3年生中国水仙鳞茎球为试材,设计不同浓度的铜离子处理,在相同处理时间内测定水仙的生长形态与保护酶活性,研究不同浓度的铜离子处理对水仙生长发育的影响,分析水仙植株对铜离子胁迫的抵抗能力,以期为重金属污染修复提供理论依据。结果表明:在浓度为45 $\mu\text{mol/L}$ 的铜离子处理下,水仙无明显的徒长阶段,植株株型紧凑坚挺矮小,没有出现倒伏现象,叶色浓绿,叶肉较厚,并且水仙的抽茎、开花正常,达到一定的水仙植株矮化效果。

关键词:水仙;铜;生长发育;光合作用

中图分类号:S 682.32 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)12-0063-04

中国水仙(*Narcissus tazetta* var. *chinensis* Roem)属石蒜科水仙属多年生草本植物,是多花水仙的一个变种,在我国主要分布于东南沿海地区,以上海崇明县和福建漳州水仙最为有名。在中国已有一千多年的栽培历史,花香清新馥郁,花朵黄白秀丽,叶片翠绿质朴,形态亭亭玉立,极具观赏价值。

近几年,随着农用化学物质使用的种类和数量增加,福建省沿海地区土壤重金属污染严重,特别是在水仙花的主要种植地漳州市菜园与果园土壤中,铜(Cu)含量达到45.5~68.8 mg/kg ^[1-2],远高于福建土壤背景值(21.6 mg/kg)。目前Cu胁迫对植物的生长发育的影响研究较多,但对于在铜胁迫下,水仙花的适应力、耐受能力以及生长发育效果等方面却鲜见报道。因此现选择作为植物生长发育所必需的微量元素以及常见重金属污染物的铜,研究其对水仙生长发育的影响,以期为花卉植物应用于重金属污染修复提供有效的科学理论。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为3年生中国水仙鳞茎球。

1.2 试验方法

11月初进行鳞茎球处理,选择大小一致、每球带4~6

个芽的水仙鳞茎球,剥去其褐色膜质外表皮鳞片,并用刀片刮去基部的枯根,将鳞茎球完全浸入清水内12 h,待其吐尽粘液后,用流动自来水冲洗干净,再平均直立于大小一致的浅盆中,注入清水浸没至鳞茎的1/3处,催根3 d。

待根系长到约1~3 cm时,开始使用溶液培养水仙。随机将每3个鳞茎球分装在盆内,试验设置2个组,使用去离子水配置 Cu^{2+} 处理液: Cu^{2+} 处理液($\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$),浓度梯度为5、20、45、90 $\mu\text{mol/L}$;以0 $\mu\text{mol/L}$ 为对照(CK),每个浓度3次重复。每隔3 d换1次培养溶液,保证水淹至鳞茎的1/3处。各处理均置于自然条件下培养。

1.3 项目测定

1.3.1 观察水仙形态各观赏时期变化 叶萌发初期:从水仙鳞茎浸泡开始至鳞茎出现绿色叶片为止;叶片生长期:从水仙鳞茎浸泡开始至鳞茎出现绿色叶片为止;花苞破裂期:从花蕾抽出可见开始至花苞破裂花蕾开放为止;观赏期:花朵开放期;观赏后期:从有花朵开始凋谢至观赏结束。

1.3.2 水仙各项生长形态指标测定 试验期间每隔相应天数用游标卡尺与直尺,对水仙植株根长、叶长、叶宽、花葶高度等进行测量、分析,并拍照记录。

1.3.3 水仙叶片中叶绿素总含量的测定 水仙叶片的叶绿素提取与含量测定参考杨振德^[3]的方法。叶绿素总含量(mg/g FW)= $0.1 \times (20.2D_{645} + 8.02D_{663})$ 。

1.3.4 水仙叶片光合参数的测定 采用GXH-3051C型植物光合测定仪系统,测定水仙叶片的净光合速率、水分蒸发量。测定时间为晴天的10:00—11:00,选择不

第一作者简介:林晓红(1964-),女,福建龙海人,硕士,教授,福建农林大学园艺学院高级访问学者,现主要从事观赏植物栽培与分子生物学等研究工作。E-mail:18965203718@163.com。

基金项目:福建省林业厅创新资助项目(闽林种站(2013)42号)。

收稿日期:2015-01-23。

同处理的水仙主鳞茎球上叶片的同一位置,每处理 2 次重复。

2 结果与分析

2.1 不同浓度 Cu^{2+} 处理对水仙根长的影响

从图 1 可以看出,用不同浓度的 Cu^{2+} 溶液处理 1 d 后,5 $\mu\text{mol/L}$ 的 Cu^{2+} 溶液处理下的水仙根长大于其它浓度 Cu^{2+} 溶液处理下的水仙根长。且不同浓度的 Cu^{2+} 溶液处理对处于不同生长阶段的水仙,根部的影响效果不同。在叶片萌发前期,5 $\mu\text{mol/L}$ 的 Cu^{2+} 溶液处理的水仙根部生长速率高于 CK 处理水平;之后在叶片生长过程中,CK 处理下根部生长速率显著提升。处理间差异显著性分析结果表明,20、45、90 $\mu\text{mol/L}$ 的 Cu^{2+} 溶液处理与 CK 处理间的差异均达到极显著水平 ($P < 0.01$),对水仙的根部生长有明显的抑制作用。并且高浓度的 Cu^{2+} 溶液作用下,根部出现发根缓慢、根尖发黑、粘液增多的现象。

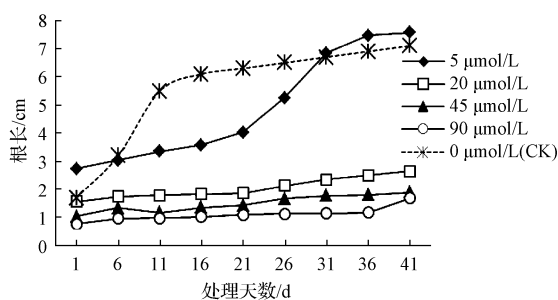


图 1 不同浓度 Cu^{2+} 处理对水仙根长的影响

Fig. 1 Effect of different concentrations of Cu^{2+} treatment on root length of *Narcissus tazetta*

2.2 不同浓度 Cu^{2+} 处理对水仙叶片长度的影响

由图 2 可知,在连续处理 23 d 前,受 Cu^{2+} 的影响水仙叶片的生长受到抑制,叶片长度明显低于正常生长水平。但在处理 23 d 后,5 $\mu\text{mol/L}$ 的 Cu^{2+} 溶液处理显现出对水仙叶片长度的促进作用,使其叶片长度高于 CK 处理下的叶片长度。而其余 3 个浓度处理下的水仙叶

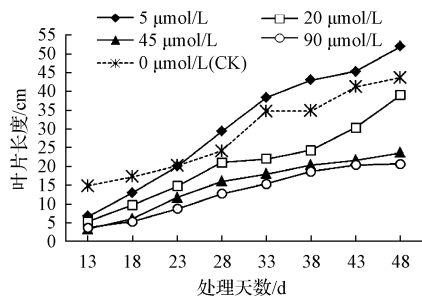


图 2 不同浓度 Cu^{2+} 处理对水仙叶片长度的影响

Fig. 2 Effect of different concentrations of Cu^{2+} on leaf length of *Narcissus tazetta*

片长度仍低于 CK 处理下的叶片长度, Cu^{2+} 溶液浓度越高,抑制效果越明显。处理间差异显著性分析结果表明,45 $\mu\text{mol/L}$ 的 Cu^{2+} 溶液处理与 CK 处理间的差异达到显著水平 ($P < 0.05$),90 $\mu\text{mol/L}$ 的 Cu^{2+} 处理与 CK 处理间的差异达到极显著水平 ($P < 0.01$)。

2.3 不同浓度 Cu^{2+} 处理对水仙叶片宽度的影响

从图 3 可以看出, Cu^{2+} 对水仙的叶片宽度有明显的促进作用。在叶片的生长前期,各处理下叶片宽度生长较缓慢,在叶片生长的后期连续处理天数约 38 d 后,叶片宽度的生长速率开始提高。处理间差异显著性分析结果表明,在 4 个浓度的 Cu^{2+} 溶液处理下,从处理后的 13 d 开始,5 $\mu\text{mol/L}$ 的 Cu^{2+} 溶液处理与 CK 处理间的差异达极显著水平 ($P < 0.01$),20 $\mu\text{mol/L}$ 的 Cu^{2+} 溶液处理与 CK 处理间的差异达显著水平 ($P < 0.05$)。

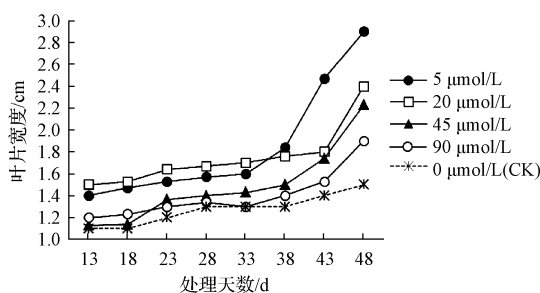


图 3 不同浓度 Cu^{2+} 处理对水仙叶片宽度的影响

Fig. 3 Effect of different concentrations of Cu^{2+} on leaf width of *Narcissus tazetta*

2.4 不同浓度 Cu^{2+} 处理对水仙花葶高度的影响

图 4 表明,处理 33 d 后,5 $\mu\text{mol/L}$ 的 Cu^{2+} 溶液处理对花葶高度有明显的促进作用,处理间差异显著性分析结果表明,5、45、90 $\mu\text{mol/L}$ 的 Cu^{2+} 处理与 CK 处理间的差异均达到显著水平 ($P < 0.05$),结果与相同浓度下对叶片长度促进作用相类似。20 $\mu\text{mol/L}$ 的 Cu^{2+} 溶液处理下,花葶的增高速率高于 CK 处理,低于 5 $\mu\text{mol/L}$ 的 Cu^{2+} 溶液处理。45、90 $\mu\text{mol/L}$ 的 Cu^{2+} 溶液处理对水仙的花葶高度明显具有抑制作用。但植株的整体生长状

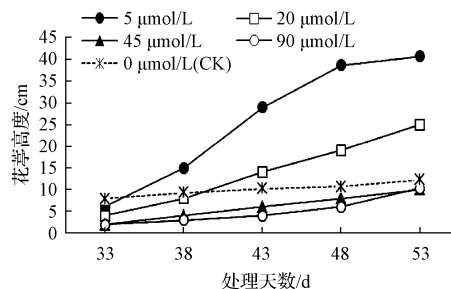


图 4 不同浓度 Cu^{2+} 处理对水仙花葶高度的影响

Fig. 4 Effect of different concentrations of Cu^{2+} on scape height of *Narcissus tazetta*

况并没有受到影响,植株株型紧凑坚挺矮小,叶色浓绿,叶肉较厚。

2.5 不同浓度 Cu^{2+} 处理对水仙叶片中叶绿素含量的影响

从图 5 可以看出,不同浓度 Cu^{2+} 溶液对水仙叶绿素含量有不同程度的影响,浓度从 $5 \mu\text{mol/L}$ 增大到 $20 \mu\text{mol/L}$ 时,叶绿素总含量明显增加。随着 Cu^{2+} 溶液浓度的逐渐上升,水仙叶片中的叶绿素总含量都高于对照组。但 Cu^{2+} 溶液浓度为 $45 \mu\text{mol/L}$ 时的叶绿素总含量比 Cu^{2+} 溶液浓度为 $90 \mu\text{mol/L}$ 时的叶绿素总含量低。

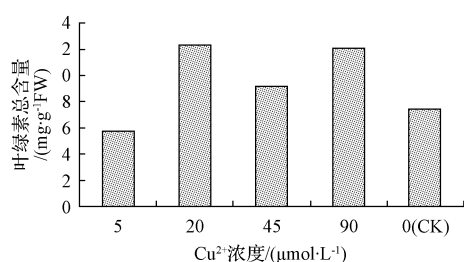


图 5 不同浓度 Cu^{2+} 处理对水仙叶片叶绿素含量的影响

Fig. 5 Effect of different concentrations of Cu^{2+} on chlorophyll content in leaves of *Narcissus tazetta*

2.6 不同浓度 Cu^{2+} 处理对水仙叶片光合参数的影响

由图 6 可知,各个浓度的 Cu^{2+} 溶液处理下,水仙植株叶片的光合速率均小于对照组。随着 Cu^{2+} 溶液处理浓度的增大,水仙植株叶片的光合速率表现为先下降后上升。 $90 \mu\text{mol/L}$ 的 Cu^{2+} 溶液处理下,水仙植株叶片的光合速率仅约为 CK 处理下光合速率的 $1/10$,水分蒸发量显著低于 CK 处理;而 $45 \mu\text{mol/L}$ 的 Cu^{2+} 溶液处理下,水仙植株叶片的光合速率和水分蒸发量与 CK 处理无显著差异。综上, $45 \mu\text{mol/L}$ 的 Cu^{2+} 溶液处理对水仙叶片的光合参数无显著影响。

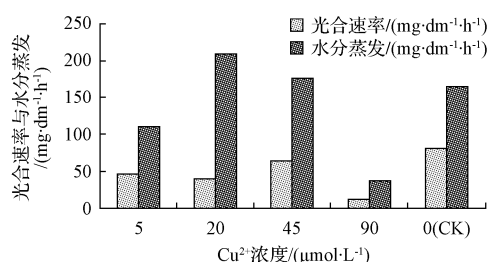


图 6 不同浓度 Cu^{2+} 处理对水仙叶片光合速率与水分蒸发的影响

Fig. 6 Effect of different concentrations of Cu^{2+} photosynthetic rate, water evaporation in leaves of *Narcissus tazetta*

3 讨论与结论

Cu^{2+} 是植物生长发育必需的微量元素,是多种酶的

组成成分和活化剂,在植物体内参与氧化还原反应; Cu^{2+} 形成铜蛋白,参与光合作用,与色素形成络合物,对叶绿素和其它色素起稳定作用; Cu^{2+} 还是超氧化物歧化酶的重要组成成分;参与氮素代谢,影响固氮作用等^[4]。

该试验结果表明, Cu^{2+} 对水仙生长有抑制作用, Cu^{2+} 处理的浓度与对水仙抑制作用呈正相关关系, Cu^{2+} 溶液处理后根部最先出现发根缓慢,根尖发黑,粘液增多,甚至根腐烂的现象。田生科等^[5] 研究表明,铜对植物的伤害首先是从根系开始,最严重的也是根系。宋玉芳等^[6] 的研究发现,在土壤中 Cu^{2+} 浓度总量达 500 mg/kg 时,萝卜根系生长抑制率为 25% ,远远大于对种子发芽的抑制率。

$5 \mu\text{mol/L}$ 的 Cu^{2+} 溶液处理对水仙生长发育的抑制作用较弱,当 Cu^{2+} 浓度大于 $5 \mu\text{mol/L}$ 时,水仙株型表现为紧凑坚挺矮小,叶色浓绿,叶肉较厚,但水仙的抽薹、开花正常,当浓度达到 $45 \mu\text{mol/L}$ 时,水仙植株矮化的效果最好。但随着 Cu^{2+} 浓度升高,达到 $90 \mu\text{mol/L}$ 时,水仙出现叶片枯萎现象。这可能是由于过量的 Cu^{2+} 抑制光合链中的电子传递^[7]。 Cu^{2+} 参与植物摄取 Fe^{2+} 过程的竞争,降低 Fe^{2+} 的吸收与活性,也可能是植物吸收大量的 Cu^{2+} 与参与叶绿素合成的某些酶(原叶绿素酸酯还原酶、 δ -氨基乙酰丙酸合成酶、胆色素原脱氨酶)的-SH 结合,改变了酶的结构,让酶失去活性,而引起叶绿素合成受阻^[8],从而造成叶绿素的含量下降。

该研究认为,适当浓度($45 \mu\text{mol/L}$)的 Cu^{2+} 可以减缓水仙植株的长势,根系生长受抑制,无明显的徒长阶段,并且水仙的抽薹、开花正常,可以达到一定的水仙植株矮化效果。

参考文献

- [1] 余江,黄志勇,陈兰. 福建省部分菜园土壤及蔬菜重金属含量的测量及污染评价[J]. 土壤通报,2010,41(4):985-989.
- [2] 林芎华,刘佳敏. 福建漳州市香蕉园土壤重金属污染调查分析[J]. 亚热带植物科学,2011,40(1):31-33.
- [3] 杨振德. 分光光度法测定叶绿素含量的探讨[J]. 广西农业大学学报,1996(2):145-150.
- [4] 祝沛平. 铜在植物生长发育中的作用[J]. 生物学通报,2000(10):7.
- [5] 田生科,李廷轩,杨肖娥,等. 植物对铜的吸收运输及毒害机理研究进展[J]. 土壤通报,2006(2):2387-2394.
- [6] 宋玉芳,许华夏,任丽萍,等. 土壤重金属对植物种子发芽与根伸长抑制的剂量-效应关系[C]//中国毒理学会. 中国毒理学会第三届全国学术会议论文(摘要)集. 中国毒理学会,2001:2.
- [7] 杨丽丽. 铜胁迫对甜菜幼苗生长和光合特性的影响[D]. 济南:山东师范大学,2013.
- [8] 雷桅,王双明,孙敏. Fe^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} 对植物生理特性影响的比较分析[J]. 广西植物,2007(5):770-774.

DOI:10.11937/bfyy.201512019

牡丹植株矿质营养年周期变化规律的研究

魏冬峰¹, 马慧丽², 张利霞¹, 常青山², 刘改秀³, 侯小改¹

(1. 河南科技大学 农学院, 河南 洛阳 471003; 2. 河南科技大学 林学院, 河南 洛阳 471003;

3. 中国洛阳国家牡丹基因库, 河南 洛阳 471000)

摘要:以 8 年生牡丹品种‘小胡红’为试材, 采用彻底刨根, 分解取样的方法, 研究了牡丹生物量的构成特点、各器官矿质元素含量和累积分配特性, 以期对牡丹合理施肥提供科学依据。结果表明: 1 株 8 年生‘小胡红’含矿质营养元素总量为: N 4.29、P₂O₅ 0.50、K₂O 1.46、Ca 7.82、Mg 0.97 g/株; Mn 8.21、Cu 11.56、Fe 149.25 mg/株。在叶片、发育枝及根中, 3 月份氮、磷、钾含量均达到最高水平, 4 月份达到次高水平。其中 N 主要分配到叶片、花蕾和果实, P、K 主要分配到果实和叶片, Ca、Mg 主要分配到叶片和发育枝, Mn、Cu、Fe 主要分配到果实和叶片。

关键词: 营养特性; 器官; 牡丹**中图分类号:** S 685.11 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2015)12-0066-05

牡丹(*Paeonia suffruticosa* Andr.) 属芍药科芍药属名贵的观赏和药用植物, 其花朵硕大, 色彩艳丽, 富贵端庄, 芳香四溢, 备受国人和世界人民的喜爱^[1]。为提高牡丹的观赏价值, 许多学者对牡丹的栽培技术、生长发

育、品种特性、光合特性及花期调控进行了研究^[2-3], 牡丹矿质营养的研究主要集中在不同栽培方式^[4-5]、不同基质配比^[6]等对矿质元素周期变化的影响以及矿质元素的累积、分配和转移的影响。‘小胡红’是洛阳地区的主栽品种, 研究在此环境条件下生长的牡丹的生物量构成和营养特性, 以期为指导牡丹科学合理施肥, 提高肥料利用率提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试牡丹品种为 8 年生‘小胡红’, 试验材料取自中

第一作者简介: 魏冬峰(1989-), 男, 硕士研究生, 研究方向为植物生理学。E-mail: weidongfeng000@163.com.

责任作者: 侯小改(1966-), 女, 博士, 教授, 现主要从事植物生理与生态等研究工作。E-mail: kjchxg@haust.edu.cn.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31070620); 河南科技大学青年基金资助项目(2011QN55)。

收稿日期: 2015-01-26

Effect of Copper Stress on Development of *Narcissus tazetta*

LIN Xiao-hong^{1,2,3}, CHEN Ying^{2,3}, PAN Dong-ming^{2,3}, ZHONG Xian^{2,3}, PAN Teng-fei^{2,3}

(1. Zhangzhou City University, Zhangzhou, Fujian 363000; 2. College of Horticulture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002; 3. Institute of Storage Science and Technology of Horticultural Products, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002)

Abstract: Taking bulbs of Zhangzhou *Narcissus tazetta* as experiment materials, the effect of copper stress on development of *Narcissus* plants were studied, the stress resistance were analyzed with a view on *Narcissus* dwarfing effect and heavy metal contaminated, the bulbs were treated with a series concentration of copper ion at the same time. The results showed that under the treatment with the concentration of 45 $\mu\text{mol/L}$ copper ion, the effect of dwarfing was better than other treatments. Significant spindling stage wasn't observed, and plant type showed strongly short without lodging phenomenon. The color of leaves was dark green and leaf showed thickness. The bolting and blossom weren't affected under 45 $\mu\text{mol/L}$ copper ion treatment. The results showed that 45 $\mu\text{mol/L}$ copper ion treatment was suitable for dwarfing.

Keywords: *Narcissus tazetta*; copper stress; development; photosynthesis