

外源亚精胺对铜离子胁迫下小麦幼苗生长及抗氧化酶的影响

唐 凝, 王华瑞, 裴冬丽*

(商丘师范学院生物与食品学院/植物与微生物互作河南省高校重点实验室, 河南 商丘 476000)

摘 要:以小麦“郑麦8号”为试验材料,通过外源施加亚精胺的方法,研究亚精胺对 Cu^{2+} 胁迫下小麦幼苗生长的影响。结果表明:0.1 mmol/L 外源亚精胺能够缓解一定浓度下 Cu^{2+} 对小麦幼苗生长的抑制作用,促进小麦胚芽、胚根的生长,对 Cu^{2+} 胁迫下胚芽、胚根的生长促进效果可达27.2%、27.0%,对胚根数目的增加无显著效果;外源亚精胺对 Cu^{2+} 胁迫下小麦幼苗超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)活性的提高可达16.4%、10.6%、12.5%。因此,在小麦幼苗受到 Cu^{2+} 胁迫时,外源亚精胺能促进小麦幼苗的生长,提高小麦抗氧化酶活性,缓解重金属铜对小麦幼苗生长发育的毒害作用。

关键词:铜胁迫;亚精胺;小麦幼苗;抗氧化酶

中图分类号:Q945

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2022)01-0022-04

Effects of Exogenous Spd on the Growth and Antioxidant Enzyme System of Wheat Seedlings under Cu^{2+} Stress

TANG Ning, WANG Huarui, PEI Dongli*

(School of Biology and Food, Shangqiu Normal University/Key Laboratory of Plant-Microbe Interactions of Henan Provincial University, Shangqiu 476000, China)

Abstract: The effects of exogenous Spd on growth of wheat seedling under Cu^{2+} stress was studied by exogenous application of Spd to Zhengmai 8. The results showed that exogenous Spd can alleviate the inhibition of Cu^{2+} on wheat seedlings growth, and promoted plumule and radical growth of wheat. The Spd promoted the growth of wheat seedlings in certain concentration of Cu^{2+} , the elongation of plumule and radicle were 27.2% and 27.0%, and no obvious effects on the numbers of radicle. The activities of SOD, POD and CAT of wheat were increased by 16.4%, 10.6% and 12.5% than those without Spd groups, respectively. Exogenous Spd promoted the growth of wheat and increased the autioxidant enzyme activities under Cu^{2+} stress, and alleviated the toxic effects of Cu^{2+} on the growth of wheat seedlings.

Key words: Cu^{2+} stress; Spd; Wheat seedlings; Antioxidant enzyme

铜作为植物生长发育过程中的重要微量元素,在植物生长过程中起关键作用,是多种氧化酶的蛋白辅因子,与呼吸代谢的氧化还原反应密不可分。适量的 Cu^{2+} 能够促进植物生长,当环境中 Cu^{2+} 浓度超过植物承受阈值时,则会对其生长产生胁迫作用^[1]。随着现代工业、农业的迅速扩张,铜类重金属污染问题层出不穷,例如,含铜工业废水直接排放导致水源和耕地污染、暴雨导致的

铜类重金属迁移以及大量使用含铜杀菌剂防治病原菌(波尔多液)^[2-3]等都会使植物生境中 Cu^{2+} 浓度迅速升高,引发重金属胁迫。研究表明,植物长期暴露在高 Cu^{2+} 环境中,影响可溶性糖、蛋白质的含量,使植物处于高氧化压力的状态下,导致植物叶片加速衰老、阻碍生长发育^[4-5]。因此,研究缓解重金属 Cu^{2+} 对植物的伤害途径和机理有着重要意义。

亚精胺(Spd, spermidine)是一类多胺类物质,具有很强的生物活性,参与和促进植物生长发育,如促进植物种子萌发、产生不定根、调节花的发育等,还可以提高植物的抗逆性^[6],也能够通过抑制植物体内乙烯的生物合成过程而延缓植物的衰老过程^[7]。亚精胺对植物抵御生态逆境具有重

收稿日期:2019-11-16

基金项目:河南省科技攻关项目(222102110003)

作者简介:唐 凝(1992-),男,助理实验师,硕士,主要从事微生物生物技术与植物保护科研工作。

通讯作者:裴冬丽,女,博士,教授, E-mail: peidongli@126.com

要作用^[8-9]。关于外源亚精胺缓解 Cu^{2+} 对小麦胁迫的研究报道较少。本研究以小麦“郑麦8号”为材料,采用外源施加亚精胺的方法,研究在高浓度 Cu^{2+} 环境中添加亚精胺对小麦幼苗生理、生化指标的影响,探讨亚精胺在 Cu^{2+} 胁迫条件下对小麦幼苗生长的缓解效应及其可能存在的机制。

1 材料与方法

1.1 试验材料

小麦“郑麦8号”由河南省农业科学院提供。

1.2 消毒和培养

选取籽粒饱满、大小一致的“郑麦8号”种子,对种子进行表面消毒和吸胀。用75%酒精浸泡30 s,蒸馏水充分冲洗4~5次,用1%次氯酸钠消毒4~5 min,再用蒸馏水充分冲洗4~5次,蒸馏水浸种12 h。将吸胀后的种子吸干水分放入无菌培养皿中(皿底放置两张灭菌滤纸),使种子腹沟向下。每天定时定量加入1/2的Hoagland营养液。放入昼夜温度分别是24℃和18℃的恒温培养箱培养,白天14 h,晚上10 h。

1.3 分组

试验设置8个组:蒸馏水(CK);0.1 mmol/L Spd;0.01 g/L Cu^{2+} ;0.1 mmol/L Spd+0.01 g/L Cu^{2+} ;0.1 g/L Cu^{2+} ;0.1 mmol/L Spd+0.1 g/L Cu^{2+} ;0.2 g/L Cu^{2+} ;0.1 mmol/L Spd+0.2 g/L Cu^{2+} 。

1.4 样品采集与测定

过氧化氢法测定过氧化氢酶(CAT)活性^[10];愈创木酚法测定过氧化物酶(POD)活性;氮蓝四唑法测定超氧化物歧化酶(SOD)活性^[10];分组处理后的0、48、96、144 h剪取相同部位的幼苗叶片进行生理和生化指标的测试。

当小麦幼苗培养生长至第一叶充分展开时,随机分组并转移至新的无菌培养皿,每皿每天定时定量加入含对应浓度Spd和 Cu^{2+} 的1/2Hoagland营养液。分组处理后的第6天,测定胚芽长、胚根长以及胚根数目(只统计长度大于1/2体长的根的数量)^[11];分组处理后即开始酶活性检测试验。

1.5 统计与分析

采用Excel 2010及GraphPad Prism 7软件进行数据统计分析与制图。数据采用单因素方差分析, $P \geq 0.05$ 时,组间差异不显著; $0.01 \leq P < 0.05$ 时,组间差异显著; $P < 0.01$ 时,组间差异极显著。

2 结果与分析

2.1 外源亚精胺对 Cu^{2+} 胁迫下小麦幼苗叶片CAT的影响

由图1可知,小麦幼苗叶片中CAT活性在处理初期大致相同,无显著性差异;处理1、48、96、144 h时CAT活性随着盐胁迫时间的增加,整体呈现出先升后降的趋势,CAT活性在96 h时达到了最大值,144 h时活性均下降。 Cu^{2+} 胁迫下Spd处理组比未处理组CAT活性均升高,根据显著性分析($P < 0.05$),48 h时,0.10 g/L、0.20 g/L Cu^{2+} 胁迫下Spd处理组比未处理组CAT活性显著提高16.4%、15.0%;96 d时,0.05 g/L、0.10 g/L Cu^{2+} 胁迫下Spd处理组比未处理组CAT活性显著增强,提高11.1%、9.1%;144 h时,0.05 g/L、0.10 g/L Cu^{2+} 胁迫下Spd处理组仍比未处理组CAT活性显著增强,提高11.9%、17.6%。另外,施加Spd处理组比CK组CAT整体活性均呈均升高趋势,96、144 h时,Spd处理组比CK CAT活性增加,差异极显著,144 h提高47.5%。

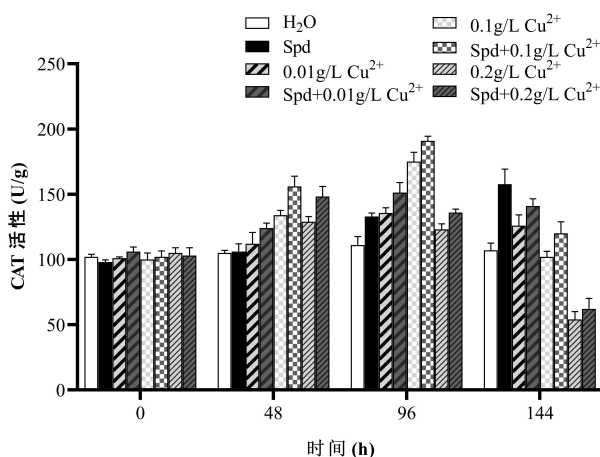


图1 外源亚精胺对 Cu^{2+} 胁迫下小麦幼苗叶片CAT活性的影响

2.2 外源亚精胺对 Cu^{2+} 胁迫下小麦幼苗叶片POD的影响

由图2可知,小麦幼苗叶片中POD活性在处理初期大致相同,无显著性差异;处理0、48、96、144 h时CAT活性随着盐胁迫处理时间的增加,整体呈现出先升后降的趋势,POD活性在96 h时达到了最大值,144 h时活性均有所下降。从96 h开始, Cu^{2+} 胁迫下Spd处理组比未处理组POD活性均升高,96 h时0.10 g/L、0.20 g/L Cu^{2+} 胁迫下Spd处理组比未处理组POD活性显著增强,提高7.9%、11.9%。另外,施加Spd处理组比CK组CAT活性整体呈活性升高趋势,96、144 h时,Spd处理组比CK组POD活性增强极显

著,96 h提高61.8%。

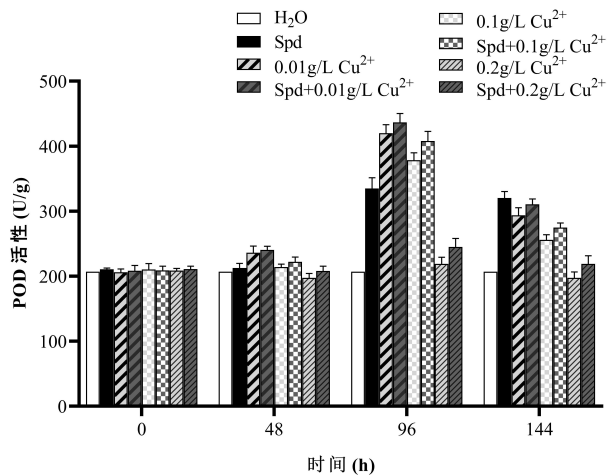


图2 外源亚精胺对 Cu^{2+} 胁迫下小麦幼苗叶片POD活性的影响

2.3 外源亚精胺对 Cu^{2+} 胁迫下小麦幼苗叶片SOD的影响

由图3可知,小麦幼苗叶片中SOD活性在处理初期基本相同,无显著性差异;处理0、48、96、144 h时SOD活性随着盐胁迫时间的增加,整体呈现出先升后降的趋势,SOD活性在48 h时达到了最大值,96、144 h时活性均下降。 Cu^{2+} 胁迫下Spd处理组比未处理组SOD活性均升高,48 h时,0.10 g/L Cu^{2+} 胁迫下Spd处理组比未处理组SOD活性显著增强,提高6.2%;96 d时,0.05 g/L、0.10 g/L、0.20 g/L Cu^{2+} 胁迫下Spd处理组比未处理组SOD活性显著增强,提高11.3%、13.5%、12.1%。另外,施加Spd处理组比CK水处理组SOD活性整体呈升高趋势,48、96、144 h时,Spd处理组比CK组SOD活性增强极显著,48 h提高138.3%。

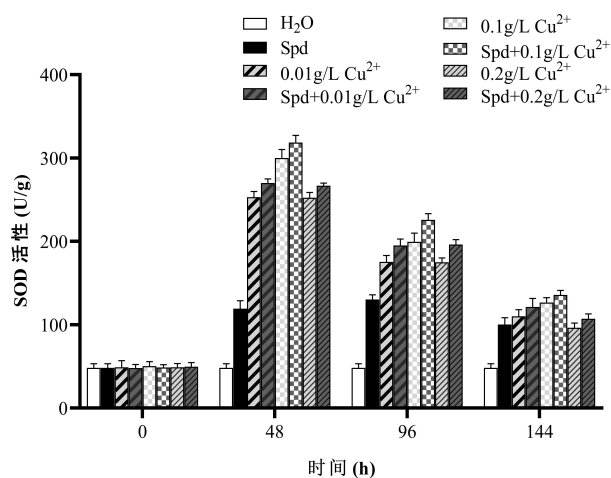


图3 外源亚精胺对 Cu^{2+} 胁迫下小麦幼苗叶片SOD活性的影响

2.4 外源亚精胺对 Cu^{2+} 胁迫下小麦幼苗生长的影响

由图4A、4B可知,随着 Cu^{2+} 浓度的增大,胚芽、胚根长度逐渐下降,与未加入 Cu^{2+} 的CK组相比,0.05 g/L、0.10 g/L和0.20 g/L Cu^{2+} 浓度处理下,胚芽长度分别下降了16.6%,44.0%和52.1%,胚根长度分别下降了10.4%,58.8%和64.9%。当施加0.1 mmol/L亚精胺时,在一定程度上缓解了 Cu^{2+} 对幼苗生长的胁迫影响。0.05 g/L Cu^{2+} 浓度条件下,亚精胺处理组的小麦胚芽长度较对照组提高11.3%,差异显著;0.10 g/L Cu^{2+} 浓度条件下,亚精胺处理组的小麦胚芽长度较CK组提高27.9%,差异极其显著,胚根长度较对照组提高23.7%,差异显著;当 Cu^{2+} 浓度达到0.20 g/L时,亚精胺对提高

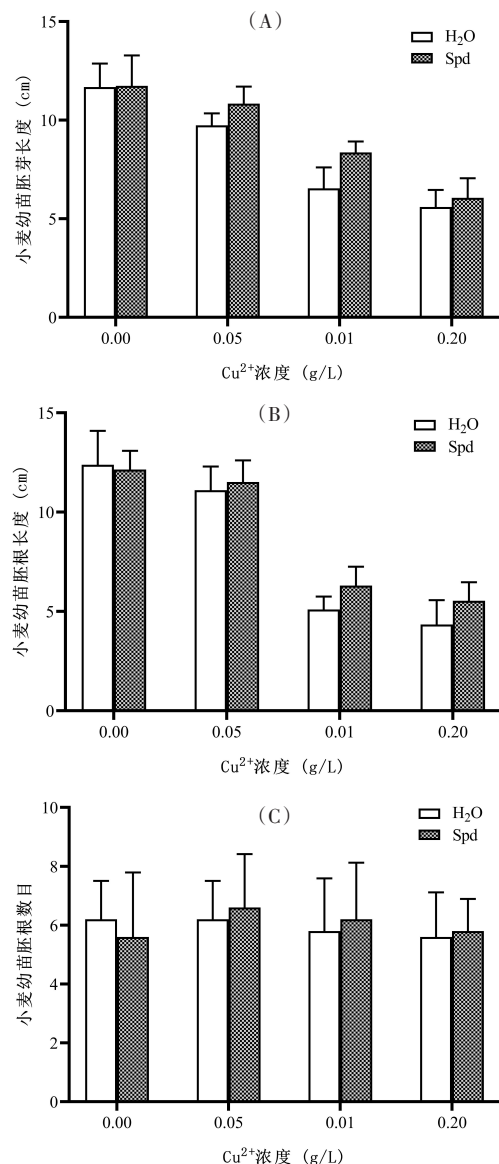


图4 外源亚精胺对 Cu^{2+} 胁迫下小麦幼苗胚芽长度、胚根长度、胚根数目的影响

Cu²⁺胁迫环境中小麦胚芽、胚根的长度不再明显。

由图 4C 可知,4 种不同 Cu²⁺浓度处理中的小麦胚根数量与亚精胺处理组对比,每组数据均未有显著差异,说明外源亚精胺对铜离子胁迫下小麦胚根数目无显著影响。

3 讨论与结论

在重金属离子胁迫环境中,植物体内产生大量活性氧自由基,细胞膜脂质发生过氧化,导致植物受到伤害。为减轻重金属的伤害,植物自身清除活性氧的酶系统^[12]、非酶系统^[13]发挥作用,能够在一定条件下增加可溶性糖、可溶性蛋白,稳定植物体的含水量和膨压,保护植物体内大分子结构和功能的稳定性。CAT、SOD、POD 是酶清除系统的抗氧化酶^[14-15]。孟德云等^[16]以 CAT、SOD、POD 活性为指标,研究了外源亚精胺对盆栽花生盐胁迫的缓解作用,盐胁迫环境中外源施加亚精胺的盆栽花生比对照组的 SOD、POD、CAT 活性均有显著增强,并且实验组花生的茎高、侧枝长和分枝数较对照组有显著提高,证明了外源亚精胺对盆栽花生的抗盐胁迫有显著效果。本研究结果表明,Cu²⁺胁迫环境下,外源亚精胺能够提高小麦幼苗的 CAT、POD、SOD 活性;无 Cu²⁺胁迫条件下,外源亚精胺同样可以提高小麦幼苗 CAT、POD、SOD 的活性。证明了小麦幼苗在遭遇 Cu²⁺胁迫后,能够调动体内抗氧化防御机制,表现为 CAT、SOD、POD 活力的上升。通过施加外源亚精胺能够增强活性氧的酶系统,促进小麦幼苗抗氧化防御机制的进一步增强,缓解 Cu²⁺对小麦幼苗生长造成的伤害。

外源亚精胺能够缓解一定浓度下 Cu²⁺对小麦幼苗生长的抑制作用,促进小麦胚芽、胚根的生长,当铜离子浓度达到 0.20 g/L 时,外源亚精胺的缓解作用并不显著。因此认为,外源亚精胺能够有效缓解 Cu²⁺胁迫对小麦幼苗的影响。在短期无法摆脱土壤、农业用水铜等重金属污染的情况下,施加外源亚精胺有望被作为小麦等植物苗期栽培时的有效改良剂,从而减轻重金属铜对植物幼苗发育、生长的影响。

参考文献:

- [1] 冉瑞兰,张牡丹,谢佳佳,等.铜胁迫下基质中添加凹凸土对党参幼苗生理指标的影响[J].北方园艺,2018(15):140-148.
- [2] 卜元卿,石利利,单正军.波尔多液在苹果和土壤中残留动态及环境风险评价[J].农业环境科学学报,2013(5):972-978.
- [3] Cao Z H, Hu Z Y. Copper contamination in paddy soils irrigated with wastewater[J]. Chemosphere, 2000, 41(1): 3-6.
- [4] Dong Y, Xu L, Wang Q, et al. Effects of exogenous nitric oxide on photosynthesis, antioxidative ability, and mineral element contents of perennial ryegrass under copper stress[J]. Journal of Plant Interactions, 2014, 9(1): 402-411.
- [5] 赵 胡,唐 俊,郑文教.重金属 Cu²⁺胁迫对红树植物秋茄幼苗生长及某些生理特性的影响[J].海洋科学,2016(4): 65-72.
- [6] Alcázar R, Altabella T, Marco F, et al. Polyamines: molecules with regulatory functions in plant abiotic stress tolerance[J]. Planta, 2010, 231(6): 1237-1249.
- [7] Barnawal D, Bharti N, Maji D, et al. 1-Aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) deaminase-containing rhizobacteria protect *Ocimum sanctum* plants during waterlogging stress via reduced ethylene generation[J]. Plant Physiology & Biochemistry, 2012, 58(3): 227-235.
- [8] 程明明,杜红阳,刘怀攀.外源亚精胺对涝胁迫下玉米幼苗根的氧化伤害缓解效应[J].南方农业学报,2015,46(1): 36-41.
- [9] 冀保毅,李 杰,信龙飞,等.亚精胺对水分胁迫下稻茬小麦幼苗抗氧化特性及根系活力的影响[J].河南农业科学,2018(3):29-33.
- [10] 曾韶西,王以柔,李美如.不同胁迫预处理提高水稻幼苗抗寒性期间膜保护系统的变化比较[J].植物学报(英文版),1997(4):308-314.
- [11] 彭向永,宋 敏.外源半胱氨酸对铜胁迫下小麦幼苗生长、铜积累量及抗氧化系统的影响[J].生态学报,2011,31(12):3504-3511.
- [12] 徐仰仓,王 静,刘 华,等.外源精胺对小麦幼苗抗氧化酶活性的促进作用[J].植物生理学报,2001(4):349-352.
- [13] Maccarrone M, Baroni A, Finazzi-Agrò A. Natural Polyamines Inhibit Soybean (*Glycine max*) Lipoygenase-1, but Not the Lipoygenase-2 Isozyme[J]. Archives of Biochemistry and Biophysics, 1998, 356(1): 35-40.
- [14] 白桂芬,曾小波.敌百虫对蚯蚓体内 3 种抗氧化酶活性的影响[J].吉林农业科学,2013,38(1):22-26.
- [15] 裴冬丽,张红岩,张 贺,等.干旱胁迫对番茄幼苗叶片 SOD、POD 和 PAL 活性的影响[J].吉林农业科学,2015,40(4):83-86.
- [16] 孟德云,侯林琳,杨 莎,等.外源多胺对盆栽花生盐胁迫的缓解作用[J].植物生态学报,2015,39(12):1209-1215.

(责任编辑:刘洪霞)