

罗太敏,王凯贤,叶欣悦,贺卓,等. 硒酵母浸种对低温胁迫下辣椒种子萌发、幼苗生理特性的影响[J]. 江苏农业科学,2023,51(10):137-142.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.10.019

硒酵母浸种对低温胁迫下辣椒种子萌发、 幼苗生理特性的影响

罗太敏¹,王凯贤¹,叶欣悦¹,贺卓¹,须文^{1,2,3}

(1. 贵州大学农学院,贵州贵阳 550025; 2. 贵州省高等学校设施蔬菜工程研究中心,贵州贵阳 550025;

3. 贵州大学辣椒研究院,贵州贵阳 550025)

摘要:辣椒在苗期容易受到低温的危害,为了提高辣椒的抗逆性,减轻低温对辣椒造成的伤害,在使用方法简便易行、安全和成本较低的基础上,选用商品名为西维尔的药品硒酵母片,按照说明书中每片硒酵母中所含有效硒含量,配制梯度硒酵母溶液并对贵春 1 号辣椒种子进行 24 h 的浸种处理,再进行 4 ℃ 的低温处理,然后测定辣椒种子的发芽率、发芽指数、胚芽和胚根长度;取硒酵母溶液浸种 24 h 后的辣椒种子,于 28 ℃ 恒温催芽后播种于穴盘,以泥炭土为基质,正常培养至幼苗达到 2 叶 1 心后,将幼苗置于光照培养箱中进行 12 ℃ 的低温处理,处理 0、1、3、5、7 d 后观察辣椒幼苗生长的情况,测定辣椒幼苗 SOD、POD、CAT 等抗氧化酶活性、丙二醛含量、总可溶性蛋白含量、根系活力、超氧阴离子产生速率等相关指标。结果表明,4 ℃ 的低温胁迫下经硒酵母溶液(0.12 mg/L)浸种后的辣椒种子其发芽率、发芽指数有明显提高;经硒酵母溶液(0.08 mg/L)浸种后的辣椒种子长至 2 叶 1 心时,12 ℃ 的低温处理后辣椒幼苗的抗氧化酶活性、可溶性蛋白含量明显高于对照,而丙二醛(MDA)含量降低,超氧阴离子($O_2^- \cdot$)产生速率降低,根系活力提高,从而减轻了低温对辣椒幼苗生长造成的伤害,提高辣椒的抗寒性。

关键词:辣椒;种子;幼苗;硒酵母;低温胁迫;生理特性

中图分类号:S641.301 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)10-0137-06

辣椒(*Capsicum annuum* L.)为一年生或多年生草本植物,是全球消费量最大的辛辣调味品^[1],传

入我国已经有 400 多年的历史^[2],在全球范围内普遍栽培。目前辣椒已成为我国种植面积最大的蔬菜和消费量最大的辛辣调味品,年种植面积稳定在 210 万 hm^2 以上,并且总产量达到 6 400 万 t ^[1]。辣椒在保障我国蔬菜周年均衡供应和丰富人民饮食口味方面发挥着重要作用。贵州省是我国辣椒种植和食用最早的省份之一,是辣椒优势产区,2020 年辣椒的种植面积达 37 万 hm^2 ,产量达 724 万 t 、产值 242 亿元,种植面积常年稳居全国第一^[3]。贵州省是我国辣椒地方品种资源最丰富的地区之一,贵

收稿日期:2022-06-19

基金项目:贵州省千层次人才培养项目[编号:贵大千层次(2018)02号];贵州省高等学校设施蔬菜工程研究中心平台建设项目(黔教技[2022]040号);贵州大学引进人才项目[编号:贵大人基合字(2016)48号]。

作者简介:罗太敏(1996—),女,贵州赤水人,硕士研究生,主要从事蔬菜逆境调控生理及分子机制研究。E-mail:1838195635@qq.com。

通信作者:须文,博士,教授,主要从事蔬菜生长发育调控研究。E-mail:wxul@gzu.edu.cn。

[41] Soares A S, Driscoll S P, Olmos E, et al. Adaxial/abaxial specification in the regulation of photosynthesis and stomatal opening with respect to light orientation and growth with CO_2 enrichment in the C_4 species *Paspalum dilatatum*[J]. The New Phytologist, 2008, 177(1):186-198.

[42] 张浩,郭丽丽,叶嘉,等. 樱桃番茄叶片气孔特征和气体交换过程对 NaCl 胁迫的响应[J]. 农业工程学报,2018,34(5):107-113.

[43] Lewis J D, Strain B R. The role of mycorrhizas in the response of *Pinus taeda* seedlings to elevated CO_2 [J]. New Phytologist, 1996, 133(3):431-443.

[44] 潘璐,刘杰才,李晓静,等. 高温和加富 CO_2 温室中黄瓜 Rubisco 活化酶与光合作用的关系[J]. 园艺学报,2014,41(8):1591-1600.

[45] Kimball B A, 朱建国,程磊,等. 开放系统中农作物对空气 CO_2 浓度增加的响应[J]. 应用生态学报,2002,13(10):1323-1338.

[46] 廖建雄,王根轩. 干旱、 CO_2 和温度升高对春小麦光合、蒸发蒸腾及水分利用效率的影响[J]. 应用生态学报,2002,13(5):547-550.

[47] 叶旺熊,熊德成,杨智杰,等. 模拟增温对杉木幼树生长和光合特性的影响[J]. 生态学报,2019,39(7):2501-2509.

州遵义朝天椒、绥阳小米椒、贵阳百宜平面椒、大方皱椒、独山皱椒、黄平线椒等地方品种在国内享有一定知名度^[4]。贵州省也是全国最重要的干辣椒和鲜辣椒集散地^[3]。虽然贵州省辣椒品种资源丰富,但是自育品种比如黔椒、黔辣、遵椒、遵辣等系列杂交品种在省内的市场占有率却不足 20%^[3]。辣椒育种显然成为贵州省辣椒产业可持续发展的关键。贵州省出产的辣椒香气浓郁、营养成分含量高,是辣椒加工的优质原料^[5]。贵州省辣椒的品质特点得益于独特的生态、气候、环境优势。

优良的品种需要适宜的种植环境和配套的高产栽培技术。辣椒在生产中难免受到多种逆境胁迫的影响,其中低温冷害是造成辣椒生产损失的问题之一。尤其是在辣椒种子萌发、幼苗生长阶段,辣椒对温度的要求更高,最适温度为 24~28℃,低于 10℃时生长发育缓慢,低于 5℃时生长就完全停止^[6]。增强辣椒幼苗抗低温能力的措施包括选育抗寒品种、低温锻炼、改进栽培措施和化学调控 4 种途径^[7]。化学调控措施见效快、操作灵活,关于化学调节剂提高蔬菜抗冷性的研究已有很多报道,但是有关辣椒抗冷性的化学调控报道并不多,因此,筛选适宜的外源化学调控物质及其适宜浓度对提高辣椒幼苗抗冷性具有重要的理论和现实意义。

硒是动植物和人体谷胱甘肽过氧化物酶的主要组成成分^[8]。适量的硒既能促进植物的生长、提高作物产量,又能明显改善作物的品质,增强其抗逆能力,抵抗某些重金属和盐类的胁迫^[9-10]。硒在植物生命活动中参与了许多非常重要的生理过程,如生物抗氧化途径^[11]、新陈代谢速率、拮抗重金属^[12]和环境胁迫等。张驰等的研究表明,低浓度的硒(10~100 μg/mL)对花生种子萌发有促进作用,但高浓度硒(大于 250 μg/mL)作用相反^[13]。韩广泉等研究表明,在逆境条件下,硒具有稳定膜结构、调控生物大分子合成、清除活性氧、增强抗氧化酶活性等功能,能有效增强植物的抗逆性^[14]。

硒酵母片(国药准字号)为人们补硒可以选用的药品,价格不高,用其对辣椒进行浸种处理不会存在安全问题。目前,国内外关于硒酵母溶液对植物生长的影响研究鲜见报道,尤其缺乏低温胁迫条件下对辣椒生产应用的研究报道。因此,本选题以贵春 1 号辣椒品种为试验材料,首先分析不同浓度硒酵母溶液(0.01、0.04、0.08、0.12、0.16、0.20 mg/L)浸种后,贵春 1 号辣椒在发芽期间低温(4℃)处理

后种子的萌发情况,然后分析 2 叶 1 心期幼苗在低温(12℃)下的生长情况;旨在通过对低温条件下的辣椒种子萌发、幼苗生长情况进行观察与对比,从不同浓度硒酵母溶液中筛选出最适合低温胁迫下辣椒种子萌发、幼苗生长的硒酵母溶液,以便更进一步探索出提高辣椒种子、幼苗抗低温的简便和安全有效的方法,为辣椒耐低温品种的选择、提高其耐寒能力、稳定其产量等方面的应用奠定基础,这对辣椒的生产及制定高效优质栽培措施都具有现实意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验选用辣椒品种为贵春 1 号,由贵阳金黔农业科技有限公司生产。该品种为杂交种,鲜食与加工兼用;早熟,株型紧凑,结果性好,长羊角果形,果面光滑;抗黄瓜花叶病毒(CMV)、烟草花叶病毒(TMV),抗疫病,抗炭疽病,抗倒性强,抗旱性强。

试验用硒酵母商品名称为西维尔,由上海牡丹江灵泰药业股份有限公司生产,样品为淡黄色或淡黄棕色片剂,有酵母的特殊味道、无其他异味;每片硒酵母(70 mg)中有效硒含量为 50 μg。

1.2 试验设计

2022 年 3 月,于贵州大学农学院园艺专业基础实验室进行本试验。采用培养皿滤纸法进行种子发芽试验。选取 350 粒饱满辣椒种子,分为 7 组,每组 50 粒种子,置于培养皿中,加入硒酵母溶液进行浸种处理。经预备试验筛选出硒酵母溶液处理浓度范围。硒酵母溶液处理与低温处理试验设计见表 1,以 dH₂O 处理为对照,试验重复 3 次。

1.3 试验方法

1.3.1 硒酵母处理溶液的配制 分别称取 0.01、0.04、0.08、0.12、0.16、0.20 mg 的硒酵母,并分别加入 1 L 蒸馏水溶解混匀即配制成 0.01、0.04、0.08、0.12、0.16、0.20 mg/L 浓度的硒酵母溶液。

1.3.2 硒酵母溶液对辣椒种子的浸种处理 按照本试验中硒酵母片包装上的使用说明,用蒸馏水将硒酵母片配制成有效硒含量为 0.01、0.04、0.08、0.12、0.16、0.20 mg/L 的硒酵母溶液,分别用不同浓度的硒酵母溶液 30 mL 黑暗条件下浸泡 50 粒贵春 1 号辣椒种子,浸种时间为 24 h。

1.3.3 低温(4℃)处理辣椒种子 采用培养皿滤纸法进行种子发芽试验。取硒酵母溶液浸种 24 h

表 1 硒酵母溶液处理与低温处理试验设计

| 处理 | 成分 | 浓度 (mg/L) | 浸种时间 (h) | 种子低温处理 温度(℃) | 种子低温处理 时间(h) | 幼苗低温处理 温度(℃) | 幼苗低温处理 时间(d) |
|-----|-------------------|--------------|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| CK | dH ₂ O | 0.00 | 24 | 4 | 48 | 12 | 0~7 |
| Se1 | 硒酵母 | 0.01 | 24 | 4 | 48 | 12 | 0~7 |
| Se2 | 硒酵母 | 0.04 | 24 | 4 | 48 | 12 | 0~7 |
| Se3 | 硒酵母 | 0.08 | 24 | 4 | 48 | 12 | 0~7 |
| Se4 | 硒酵母 | 0.12 | 24 | 4 | 48 | 12 | 0~7 |
| Se5 | 硒酵母 | 0.16 | 24 | 4 | 48 | 12 | 0~7 |
| Se6 | 硒酵母 | 0.20 | 24 | 4 | 48 | 12 | 0~7 |

后的辣椒种子,将其放入铺有双层滤纸的 9 cm 直径培养皿中,滤纸预先用 5 mL 相应浓度的硒酵母溶液湿润,将培养皿盖上盖子后放在 4 ℃ 冰箱中处理 48 h。然后将培养皿放入 28 ℃ 的光照培养箱中进行常规的发芽培养,对辣椒种子萌发和胚芽生长的情况进行观察和记录。

1.3.4 低温(12 ℃)处理 2 叶 1 心期的辣椒幼苗
取硒酵母溶液浸种 24 h 后的辣椒种子,将其放入铺有 2 层过滤纸的直径为 9 cm 的培养皿中,用蒸馏水将滤纸张浸湿,将培养皿盖上盖子,放进 28 ℃ 的恒温箱进行催芽。辣椒种子发芽后在装有基质的穴盘中进行播种,以泥炭土为基质,基质含水量为 60%~70%,穴盘底部有托盘。将穴盘置于昼温 28 ℃、夜温 18 ℃、空气相对湿度为 90%~95%、以发光二极管(LED)植物生长灯作为光源,光照度为 600 μmol/(m²·s),光—暗周期为 12 h—12 h 的培养箱中进行培养。每 2 d 对穴盘补充园试营养液 500 mL,在人工气候室内进行培养,在幼苗达到 2 叶 1 心后,将其放在 12 ℃ 的光照培养箱中进行培养,在 0、1、3、5、7 d 后观察辣椒幼苗的生长情况,同时,对生长情况相近的植株进行采样,用于测定各项生理生化指标。

1.3.5 辣椒种子萌发参数指标的测定 观察辣椒种子发芽情况,计算发芽率、发芽势以及发芽指数。

发芽势(G_e)=4 d 内发芽种子数/供试种子总数×100%;

发芽率(G_p)=发芽试验结束时发芽种子数/供试种子总数×100%;

发芽指数(GI)= $\sum(G_t/D_t)$ 。
式中: G_t 是第 t 天的发芽数; D_t 是相应的发芽天数。

芽苗高:用游标卡尺测量根茎到子叶尖端长度,每皿随机抽取 10 株芽苗;

根长:芽苗主根长度用游标卡尺测量,每皿随

机抽取 10 株芽苗。

1.3.6 2 叶 1 心期幼苗生理指标的测定 可溶性蛋白含量测定采用考马斯亮蓝法^[15];根系活力的测定采用 TTC(红四氮唑)法^[16];丙二醛(MDA)含量测定采用硫代巴比妥酸比色法^[17];超氧阴离子($O_2^{\cdot-}$)产生速率按照王爱国等的方法^[18]测定;超氧化物歧化酶(SOD)活性测定采用氮蓝四唑还原法^[15];过氧化物酶(POD)活性测定采用愈创木酚比色法^[15];过氧化物酶(CAT)活性测定参照高俊凤的方法^[19]。

1.3.7 数据分析 利用 Excel 2010、DPS 软件进行试验数据的统计、整理、分析和作图。

2 结果与分析

2.1 不同浓度硒酵母溶液对低温胁迫下辣椒种子发芽的影响

由表 2 可知,在不同浓度硒酵母溶液中浸种 24 h 的贵春 1 号辣椒种子在 4 ℃ 低温下处理 48 h,然后在 28 ℃ 的光照培养箱中进行培养后,有效硒含量为 0.12 mg/L 的处理其发芽率、发芽势、发芽指数、根长和芽苗高与对照相比分别提高了 2.11%、46.02%、31.29%、22.87% 和 10.64%;有效硒含量≥0.16 mg/L 时种子的发芽参数指标下降,其中 0.20 mg/L 处理种子的发芽率、发芽势、发芽指标、根长和芽苗高分别比对照下降了 0.36%、15.88%、5.00%、15.21% 和 8.03%。上述结果表明,适当浓度的硒酵母溶液(有效硒含量 0.12 mg/L)浸种处理可以促进低温胁迫后辣椒种子的发芽,但有效硒含量超过 0.16 mg/L 时不利于辣椒种子的萌发。

2.2 不同浓度硒酵母溶液对低温胁迫下辣椒幼苗伤害物质产生的影响

由图 1-A 可知,低温胁迫 1 d 后 Se5、Se6 处理其辣椒幼苗 MDA 含量显著低于对照,但是低温胁

表 2 不同浓度硒酵母对低温胁迫下辣椒种子发芽的影响

| 处理 | 成分 | 有效硒浓度 (mg/L) | 发芽势 (%) | 发芽率 (%) | 发芽指数 | 根长 (mm) | 芽苗高 (mm) |
|-----|-------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|----------------|
| CK | dH ₂ O | 0 | 42.00 ± 0.11a | 94.67 ± 1.15b | 14.19 ± 3.85e | 41.94 ± 11.58ab | 24.52 ± 5.26ab |
| Se1 | 硒酵母 | 0.01 | 44.67 ± 0.20a | 94.67 ± 1.15b | 14.87 ± 0.00d | 41.06 ± 10.11ab | 26.67 ± 4.79ab |
| Se2 | 硒酵母 | 0.04 | 45.33 ± 0.18a | 97.33 ± 1.15a | 15.67 ± 1.92b | 49.86 ± 14.29a | 27.85 ± 6.29a |
| Se3 | 硒酵母 | 0.08 | 46.67 ± 0.19a | 98.00 ± 0.00a | 15.03 ± 0.00c | 45.95 ± 10.18ab | 25.57 ± 3.97ab |
| Se4 | 硒酵母 | 0.12 | 61.33 ± 0.25a | 96.67 ± 1.15a | 18.63 ± 1.37a | 51.53 ± 6.13a | 27.13 ± 3.71ab |
| Se5 | 硒酵母 | 0.16 | 34.67 ± 0.22a | 94.67 ± 1.15b | 13.46 ± 1.37f | 38.46 ± 9.89b | 23.48 ± 3.43ab |
| Se6 | 硒酵母 | 0.20 | 35.33 ± 0.19a | 94.33 ± 0.58b | 13.48 ± 0.80f | 35.56 ± 10.05b | 22.55 ± 4.90b |

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。下同。

迫 3 d 后明显上升,在低温胁迫 7 d 后分别达到 28.25、27.22 nmol/g,显著高于其他处理。而 Se1 处理 7 d 后辣椒幼苗 MDA 含量与对照相比显著下降。在低温胁迫后 1~7 d,Se4 处理辣椒幼苗 MDA 含量均低于对照。这表明长期低温条件下较高浓度的硒酵母溶液(有效硒含量为 0.16、0.20 mg/L)会使辣椒幼苗体内的 MDA 含量增加,不利于缓解低温对幼苗的伤害。而适当浓度硒酵母溶液(有效硒含量为 0.12 mg/L)处理可以有效减缓低温对辣椒幼苗的伤害,提高辣椒植株的抗冷性。

O_2^- · 是植物膜脂氧化的最终产物之一, O_2^- · 产生速率是衡量细胞膜质过氧化程度的重要

指标。由图 1-B 可知,随着低温胁迫时间的延长,辣椒幼苗 O_2^- · 产生速率出现上升、下降、上升的趋势。在低温胁迫 1、3 d 后,Se4 处理幼苗 O_2^- · 产生速率均显著低于对照,分别降低了 31.81%、19.18%。而 Se5、Se6 处理在低温胁迫 7 d 后 O_2^- · 产生速率快速上升。由此可知,适当浓度硒酵母溶液(有效硒含量为 0.08、0.12 mg/L)能够降低冷胁迫下辣椒幼苗叶片 O_2^- · 产生速率,缓解低温对幼苗的伤害。但随着低温胁迫时间的延长,较高浓度的硒酵母溶液处理(有效硒含量为 0.16、0.20 mg/L)反而使得幼苗 O_2^- · 产生速率加快,不利于缓解低温对幼苗的伤害。

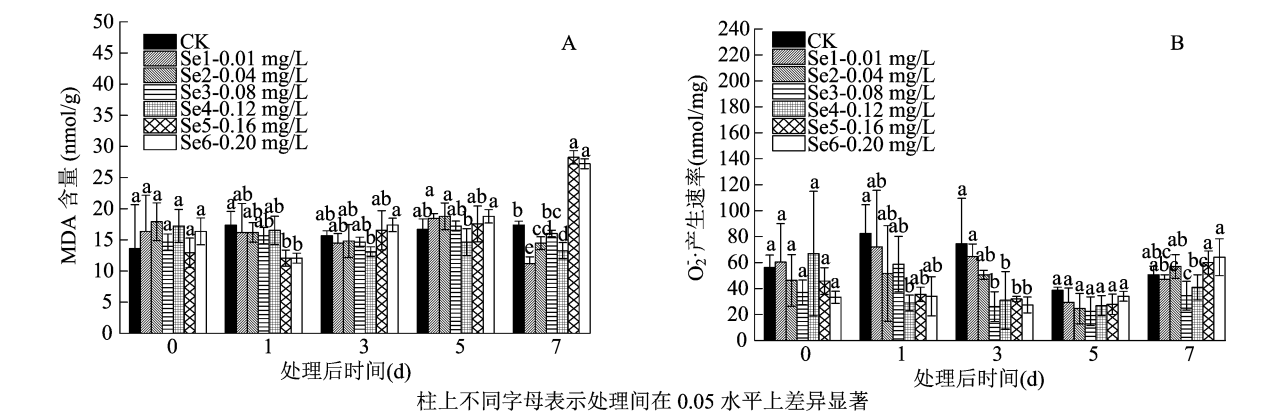


图1 不同浓度硒酵母溶液对低温胁迫下辣椒幼苗伤害物质产生的影响

2.3 不同浓度硒酵母溶液对低温胁迫下辣椒幼苗根系活力和可溶性蛋白含量的影响

由图 2-A 可知,随着低温胁迫时间的延长,辣椒幼苗根系活力整体呈下降趋势。其中,Se3 处理在整个低温处理阶段幼苗的根系活力始终保持最高,在低温胁迫 7 d 后与对照(0 d)相比提高了 21.31%。而 Se1、Se5 处理在整个低温胁迫过程中根系活力下降较快。由此可知,适宜浓度的硒酵母

溶液处理(有效硒含量 0.08 mg/L)可以在一定程度上增强辣椒幼苗根系活力,减缓低温对辣椒根系的伤害,而过低或过高浓度的硒酵母溶液处理(有效硒含量为 0.01、0.16 mg/L)都会减弱辣椒幼苗的根系活力。

可溶性蛋白是植物细胞中的重要渗透调节物质之一。由图 2-B 可知,随着低温处理时间的延长,贵春 1 号辣椒幼苗叶片的可溶性蛋白含量大体呈上升

趋势,其中 Se3、Se4 处理幼苗可溶性蛋白含量均高于对照,并在低温胁迫 7 d 后比对照提高了 36.45%、19.10%。而 Se6、Se5 处理分别在低温胁迫 3、5 d 后达到峰值,而后开始下降。由此可知,适当浓度的硒酵母溶液(有效硒含量 0.08、0.12 mg/L),能够

提高低温胁迫下辣椒幼苗叶片的可溶性蛋白含量,增强辣椒植株的抗冷性。但随着低温胁迫时间的延长,高浓度的硒酵母溶液处理(有效硒含量为 0.16、0.20 mg/L)可溶性蛋白含量会出现下降。

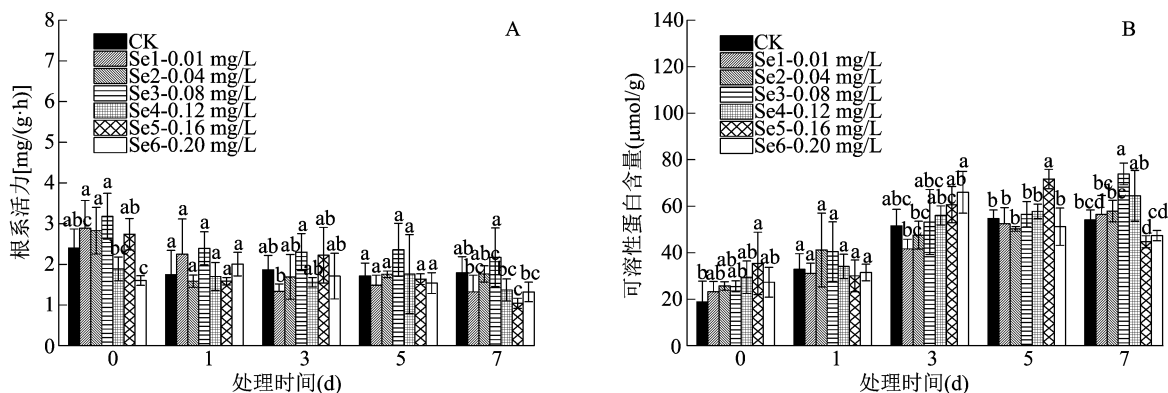


图2 不同浓度硒酵母溶液处理后辣椒幼苗根系活力和幼苗可溶性蛋白对低温胁迫的响应

2.4 不同浓度硒酵母溶液对低温胁迫下辣椒幼苗抗氧化酶活性的影响

由图 3 - A 可知,各处理 SOD 活性整体呈先上升后下降的趋势。低温处理后 3 d, Se2、Se3 处理幼苗 SOD 活性分别显著高于对照 21.76%、22.87%。Se3 处理在低温胁迫 0、1、5、7 d 后幼苗的 SOD 活性均为最高,且在低温胁迫处理 3 d 后 SOD 活性也较高。而 Se6 处理在低温胁迫处理后 0、1、3、5 d 幼苗 SOD 活性最低,且低于对照。这表明,适宜浓度的硒酵母溶液(有效硒含量 0.12 mg/L)处理能够有效增强辣椒幼苗 SOD 活性,利于活性氧的清除,具有良好的活性氧代谢平衡维持作用和保护细胞膜结构的作用,在一定程度下能够缓解低温对辣椒幼苗的伤害。由图 3 - B 可知,随着低温处理时间的延长,辣椒幼苗叶片的 POD 活性呈缓慢下降的趋势。低温胁迫 3 d 后, Se3 处理的辣椒幼苗叶片 POD 活性比对照显著高出 38.64%。Se6 处理辣椒幼苗叶片 POD 活性在整个低温胁迫过程中都较低。随着低温时间的延长,利于辣椒幼苗 POD 活性升高的硒酵母溶液处理浓度缓慢降低。由图 3 - C 可知,辣椒幼苗叶片 CAT 活性随低温胁迫时间延长呈先上升后下降趋势。低温处理 1~5 d 后, Se1 处理与对照相比幼苗 CAT 活性均高于对照。而 Se6 处理在整个低温胁迫阶段幼苗 CAT 活性均低于对照。

3 讨论与结论

本研究表明,高浓度的硒酵母溶液浸种(有效

硒含量 0.16、0.20 mg/L)后,在低温处理后 3~7 d,辣椒幼苗 MDA 含量均呈上升趋势,硒酵母浓度过高,幼苗产生的 MDA 越高,表明辣椒受低温胁迫导致的伤害物质积累越多;低浓度的硒酵母(有效硒含量为 0.08、0.12 mg/L)溶液浸种在低温处理后其幼苗 MDA 含量明显低于对照。适宜浓度的硒酵母在一定时间内能够有效减缓 $O_2^- \cdot$ 的产生速率,在低温处理 3 d 后,经硒酵母处理的辣椒幼苗产生 $O_2^- \cdot$ 的速率与对照相比均有所减少,但在低温处理后 7 d,各处理产生 $O_2^- \cdot$ 速率又迅速上升。说明在短期的低温胁迫下,硒酵母能够有效减缓 $O_2^- \cdot$ 的产生速率,其中以有效硒含量为 0.08 mg/L 的处理最为明显,但随着低温胁迫时间的延长,各处理 $O_2^- \cdot$ 的产生速率又会出现上升。本研究发现辣椒根系活力随低温胁迫持续时间的增加而逐渐下降,但经有效硒含量 0.08 mg/L 处理的辣椒幼苗根系在减弱的过程中最为缓慢,并且在整个低温胁迫阶段,根系活力都明显比对照强。由此可知,适宜的硒酵母溶液(有效硒含量 0.08 mg/L)处理可以有效提高辣椒幼苗的根系活力,减缓低温对辣椒幼苗根系的伤害。

本试验结果表明,有效硒含量为 0.12 mg/L 的硒酵母溶液浸种对提高低温胁迫下的辣椒种子发芽率、发芽势、发芽指数有明显的促进作用;有效硒含量为 0.08 mg/L 的硒酵母溶液浸种可以增加 2 叶 1 心期辣椒幼苗可溶性蛋白含量,降低伤害物质 MDA 含量以及超氧阴离子产生速率,同时提高 SOD、

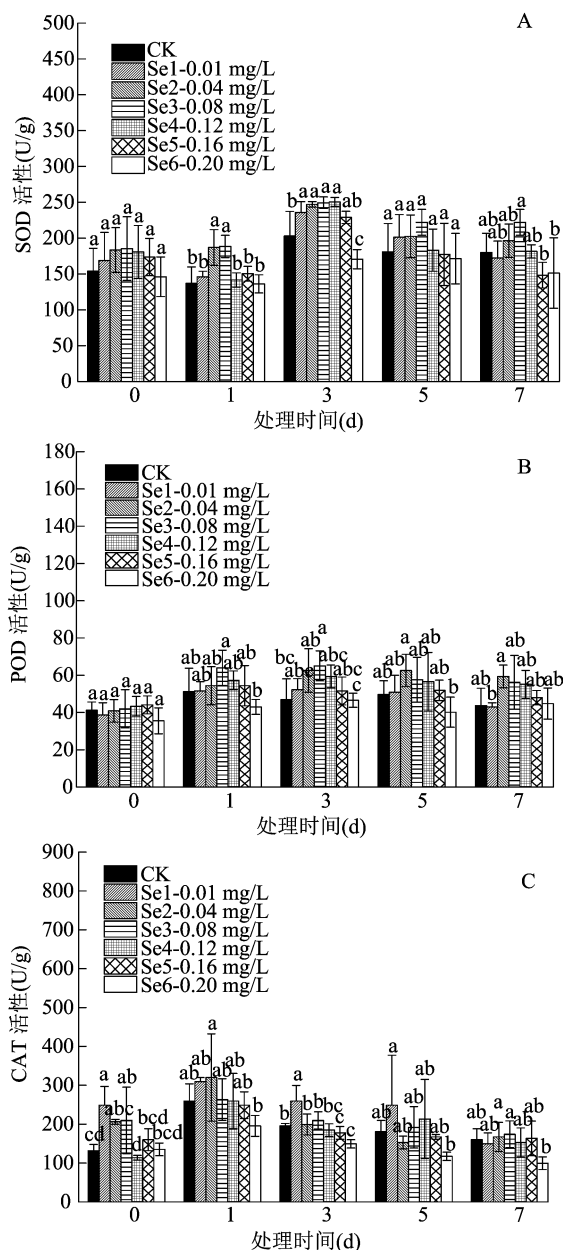


图3 不同浓度硒酵母溶液处理后辣椒幼苗抗氧化酶活性对低温胁迫的响应

POD 等抗氧化酶活性, 提高根系活力, 从而减轻低温对辣椒幼苗生长造成的伤害, 提高辣椒的抗冷性。而硒酵母片(国药准字药品)为人们补硒可以选用的药品, 价格不高, 用其对辣椒进行浸种处理不会存在安全问题, 同时有助于促进低温胁迫下辣椒种子的发芽和幼苗生长, 增强幼苗抗性, 在辣椒生产上可以得到应用。

参考文献:

- [1] 邹学校, 马艳青, 戴雄泽, 等. 辣椒在中国的传播与产业发展[J]. 园艺学报, 2020, 47(9): 1715–1726.
- [2] 邹学校, 朱凡. 辣椒传入中国的途径与传播路径[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2020, 46(6): 629–640.
- [3] 赵靛娟, 王洪亮, 吴康云. 贵州辣椒育种研究进展[J]. 耕作与栽培, 2022, 42(3): 56–58.
- [4] 王永平, 张绍刚, 张婧, 等. 做大做强贵州辣椒产业的对策思考[J]. 贵州农业科学, 2009, 37(7): 129–133.
- [5] 杜勃峰, 李达, 肖仕芸, 等. 基于 HS-SPME-GC-MS 及主成分分析综合评价贵州典型辣椒品种香气品质[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(7): 149–155.
- [6] 刘伟, 黄勇, 胡展育, 等. 低温对辣椒种子萌发的影响及其抗寒性分析[J]. 江西农业学报, 2020, 32(10): 68–71.
- [7] 牛云然. 外源物质对低温下辣椒幼苗抗冷性的影响[D]. 邯郸: 河北工程大学, 2020: 8.
- [8] Rotruck J T, Pope A L, Ganther H E, et al. Selenium: biochemical role as a component of glutathione peroxidase[J]. Nutrition Reviews, 1980, 38(8): 280–283.
- [9] 薛泰麟, 侯少范, 谭见安, 等. 硒在高等植物体内的抗氧化作用 I. 硒对过氧化作用的抑制效应及酶促机制的探讨[J]. 科学通报, 1993, 38(3): 274–277.
- [10] 王凯, 包立, 栗丽, 等. 土壤外源补硒对油菜硒吸收转运累积的影响[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(13): 79–84.
- [11] 罗盛国, 刘元英, 陈魁卿, 等. 施用硒、硫肥提高大豆品质的研究[J]. 东北农学院学报, 1992, 23(1): 12–16.
- [12] 谭周敏, 陈嘉勤, 薛海霞. 硒 (Se) 对降低水稻重金属 Pb、Cd、Cr 污染的研究[J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2000, 23(3): 80–83.
- [13] 张驰, 刘信平, 周大寨, 等. 硒对花生种子萌发和脂肪酶活力的影响[J]. 湖北农业科学, 2003, 42(3): 36–38.
- [14] 韩广泉, 李俊, 宋曼曼, 等. 硒对盐胁迫下加工番茄种子萌发及抗氧化酶系统的影响[J]. 石河子大学学报(自然科学版), 2010, 28(4): 422–426.
- [15] 张治安, 陈展宇. 植物生理学实验技术[M]. 长春: 吉林大学出版社, 2008: 129–130, 180–183.
- [16] 张化生, 郭晓冬, 王萍. 外源 Ca^{2+} 、W7 和 EGTA 处理对低温胁迫下辣椒幼苗渗透物质的调节[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2007, 28(3): 213–217.
- [17] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 173–174.
- [18] 王爱国, 罗广华. 植物的超氧化物自由基与羟胺反应的定量关系[J]. 植物生理学通讯, 1990, 26(6): 55–57.
- [19] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 287.