

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2022)04-0341-09

DOI: 10.19918/j.cnki.1672-3635.2022.04.007

## 油樟精油对马铃薯发芽的影响

李金洋, 龚 殊, 杨丹宁, 廖心茹, 赵 鑫\*

(宜宾学院农林与食品工程学部, 四川 宜宾 644000)

**摘要:** 马铃薯发芽后易腐烂、产生龙葵素等有毒物质, 造成食用安全隐患。试验旨在通过研究油樟精油对发芽期马铃薯生理状态的影响, 明确其抑芽效果, 探究油樟精油作为天然、安全、绿色抑芽剂的开发潜力。以马铃薯‘V7’为试验材料, 设置3个处理, 分别为17.66 g/m<sup>3</sup>·d油樟精油(H)、1.33 g/m<sup>3</sup>·d油樟精油(L)、空白对照(CK)。在室温25℃、避光环境中贮藏28 d, 每隔7 d记录薯块发芽率、重量变化, 分别测定不同处理薯肉及芽的3个抗氧化酶活性[超氧化物歧化酶(Superoxide dismutase, SOD), 过氧化物酶(Peroxidase, POD), 过氧化氢酶(Catalase, CAT)]、丙二醛(Malondialdehyde, MDA)含量、可溶性蛋白含量以及薯肉总还原糖含量。结果表明, 油樟精油处理组发芽率、失重率减缓升高, 薯肉与芽的抗氧化酶活性、可溶性蛋白含量维持在较高水平, 薯肉总还原糖含量减缓下降。薯肉MDA含量较低, 而芽MDA含量较高。综上, 油樟精油可以减缓马铃薯发芽进程、抑制芽的生长, 17.66 g/m<sup>3</sup>·d油樟精油处理抑芽效果最佳。

**关键词:** 马铃薯; 油樟精油; 生理代谢; 抑芽

## Effect of *Cinnamomum longepaniculatum* Essential Oil on Potato Bud Germination

LI Jinyang, GONG Shu, YANG Danning, LIAO Xinru, ZHAO Xin\*

(Department of Agriculture, Forestry and Food Engineering, Yibin University, Yibin, Sichuan 644000, China)

**Abstract:** Potato is easy to rot after sprouting and produce toxic substances such as solanine, which cause hidden dangers for food safety. This research was designed to study the effect of *Cinnamomum longepaniculatum* essential oil on the physiological state of potato during germination period, and explore the development and utilization potential of the essential oil as a natural, safe and green germination suppression agent. The potato variety 'V7' was used as material, and three treatments were set up, i.e. essential oil 17.66 g/m<sup>3</sup>·d (H), essential oil 1.33 g/m<sup>3</sup>·d (L), and blank control (CK). Potatoes were stored at closed and dark cartons with temperature at 25℃ for 28 d. The germination rate and weight changes were recorded every seven days, and then the activities of three antioxidant enzymes [Superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD), and catalase (CAT)], malondialdehyde (MDA) content and soluble protein content in both flesh and bud, and total reducing sugar content only in flesh were measured. The germination rate and weight loss rate of essential oil treatments increased slowly. The antioxidant enzyme activities, soluble protein content in both flesh and bud remained at a high level, and total reducing sugar content in flesh descended slowly. The MDA content in flesh was lower, but higher in bud. In conclusion, The essential oil from *C. longepaniculatum* could slow down the

收稿日期: 2022-07-03

基金项目: 宜宾学院博士启动金(412-2019XLZ007); 四川省高校重点实验室开放基金(412-0219019402)。

作者简介: 李金洋(2000-), 女, 硕士研究生, 主要从事生物科学研究。

\*通信作者(Corresponding author): 赵鑫, 博士, 讲师, 主要从事植物生理及生物技术研究, E-mail: zhaoxin\_1104@163.com。

germination speed of potato and inhibit the growth of potato bud, and the treatment of 17.66 g/m<sup>3</sup>·d has the best effect on bud inhibition.

**Key Words:** potato; *Cinnamomum longepaniculatum* essential oil; physiological metabolism; bud inhibition

马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)为茄科蔬菜作物,属鲜活农产品,产量高且营养丰富,有广泛加工用途,在保障中国粮食安全、平衡膳食营养、促进农民增收等方面有重要战略意义<sup>[1,2]</sup>。马铃薯在贮藏期间发芽会导致其质量损失,品质劣变、产生毒性物质(如龙葵素),造成巨大经济损失和食用安全隐患,其损耗占总产量的20%~25%,通过人为调控手段解决贮藏期马铃薯发芽问题成为长久以来的研究热点和难点<sup>[3-5]</sup>。

马铃薯抑芽技术,主要分为物理方法、化学药剂和植物药剂3方面。低温贮藏期间易发生低温糖化,降低马铃薯加工品质<sup>[6]</sup>;辐射、软电子技术存在建设投资大、能耗高等涉及成本控制的现实问题,且辐射剂量过大可能会加速食品衰老,过小又起不到灭菌防腐的效果<sup>[7]</sup>。马铃薯抑芽剂CIPC(Isoprophyl chloro-carbanilate)具有使用方便、抑芽效果强、毒性低的优点,但存在药剂残留的安全隐患。CIPC为代表的化学抑芽剂会造成许多环境问题,并影响到其他生物<sup>[8]</sup>。研究表明,具有抗氧化活性和抑菌防腐特性的薄荷、葛缕子、莳萝、留兰香、茉莉、百里香、肉桂等植物精油<sup>[9-12]</sup>在抑芽方面表现出显著效果,如薄荷精油能有效抑制马铃薯萌芽、降低薯块失重率,其主要成分薄荷醇已被研制为有效的马铃薯抑芽剂<sup>[13]</sup>;迷迭香精油可以保留薯肉中的抗坏血酸和总多酚,维持马铃薯抗氧化活性,从而达到抑芽效果<sup>[14]</sup>。另有研究发现,在马铃薯休眠时薯肉会产生 $\beta$ -抑制剂维持马铃薯休眠状态、抑制发芽,樟脑挥发物中有与 $\beta$ -抑制剂结构相似的物质,樟脑处理后4个品种马铃薯均产生明显抑芽作用,表现为马铃薯薯块芽点少、芽长短,部分芽顶端出现变黑,坏死现象<sup>[15]</sup>。油樟(*Cinnamomum longepaniculatum*)为樟科樟属的珍贵树种,是中国特有、盛产天然芳香油的经济树种,主产地为四川省宜宾市。油樟根、茎和叶含芳香油,可应用于香料、食品添加剂、医药等多个领

域,具有重要经济价值<sup>[16]</sup>。国内外学者对油樟精油的研究主要集中于抗氧化<sup>[17]</sup>、抑菌和杀菌<sup>[18]</sup>、对作物的化感作用<sup>[19]</sup>方面,在马铃薯抑芽领域的应用还有待开发。

本研究以不同浓度的油樟精油处理马铃薯,分析其对马铃薯发芽率、失重率、抗氧化酶活性[超氧化物歧化酶(Superoxide dismutase, SOD),过氧化物酶(Peroxidase, POD),过氧化氢酶(Catalase, CAT)]、丙二醛(Malondialdehyde, MDA)含量、总还原糖含量和可溶性蛋白含量的影响,以便筛选出抑制马铃薯发芽的最佳油樟精油浓度。研究结果可为精油抑制马铃薯发芽,延长马铃薯贮藏期研究提供科学依据,同时也为西南地区马铃薯产业发展提供技术支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

以马铃薯‘V7’作为试验材料,该品种高产、优质、抗逆性强,综合性状优良,是宜宾市当地的主栽品种之一。‘V7’为中熟品种,2020年9月6日收获于宜宾菜坝,贮藏于油樟工程技术研究中心实验室(黑暗、室温25℃±2℃、相对湿度45%±5%)70 d,11月15日开展试验。选取75个已过休眠期、大小均匀、无病虫害的‘V7’薯肉。

### 1.2 试验设计

#### 1.2.1 油樟精油浓度梯度设置

75个马铃薯分为3组(各25个)在薯块表皮标号(1~25号)后分别放入30 cm×40 cm×50 cm、体积0.06 m<sup>3</sup>的密封纸箱,室温25℃、避光条件下采用油樟精油自然挥发处理马铃薯。

油樟精油处理组分别采用三角瓶、培养皿盛装,自然挥发。将5 g油樟精油装入250 mL三角瓶内,置于1号纸箱中,28 d挥发2.24 g;将35 g油樟精油装入培养皿内,置于2号纸箱中,28 d挥发29.74 g。计算2个处理组28 d内各挥发的精油总

量, 得出日平均挥发量, 除以纸箱体积即为纸箱中油樟精油质量浓度。1号纸箱空气中油樟精油质量浓度:  $1.33 \text{ g/m}^3 \cdot \text{d}$ , 为L组; 2号纸箱空气中油樟精油质量浓度:  $17.66 \text{ g/m}^3 \cdot \text{d}$ , 为H组; 3号箱放入马铃薯后不做任何处理, 为对照(CK)组。

### 1.2.2 取样时期及测定指标

试验周期28 d, 第0, 7, 14, 21和28 d, 记录重量变化、发芽情况, 并按照3组马铃薯样本序号取样, 每组每次取样5个马铃薯薯块, 每个薯块随机选取3处芽眼取样。在贮藏第0, 7, 14, 21和28 d, 用酒精消毒后的不锈钢刀片, 以芽眼为中心取2 g薯肉。第14, 21和28 d, 马铃薯芽萌发后每组取5个发芽的马铃薯, 随机选取3处芽生长点, 切取长于2 mm芽, 测定各项生理指标。

计算发芽率、失重率, 并测定薯肉和芽超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)、丙二醛(MDA)、过氧化物酶(POD)、可溶性蛋白及薯肉总还原糖6项生理指标。

### 1.3 测定指标与方法

#### 1.3.1 发芽率与失重率测定

薯块中长出2 mm的芽定义为发芽, 发芽率(%) = 发芽薯块数/总薯  $\times 100^{[20]}$ ; 失重率(%) =  $(g_1 - g_2) / g_1 \times 100$ ,  $g_1$ 为初始薯块重量,  $g_2$ 为测定时薯块重量<sup>[21]</sup>。

#### 1.3.2 生理指标测定

SOD、POD、CAT活性测定分别采用氮蓝四唑(Nitroblue tetrazolium chloride, NBT)光还原法<sup>[22-24]</sup>、愈创木酚法<sup>[25,26]</sup>、紫外分光光度测定法<sup>[25]</sup>; 丙二醛含量测定采用硫代巴比妥酸(Thiobarbituric acid, TBA)法<sup>[26]</sup>; 可溶性蛋白含量测定采用考马斯亮蓝G-250法<sup>[27]</sup>; 总还原糖含量采用蒽酮硫酸法测定<sup>[28]</sup>。

### 1.4 数据处理

采用Microsoft Office 2016软件和SPSS 25.0软件进行统计和分析, 使用Origin 2018绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 油樟精油对发芽率、失重率的影响

相较于CK组, 油樟精油处理组马铃薯芽更小、长势更弱, 其中H组芽受抑制程度最大。油樟

精油处理第14 d, 随机选取6个马铃薯观察, H组马铃薯芽小, 芽长最短; L组马铃薯芽短粗, 一处芽眼有多个芽萌发; CK组马铃薯一个芽眼有一或多个芽萌发, 芽更长且粗壮(图1)。

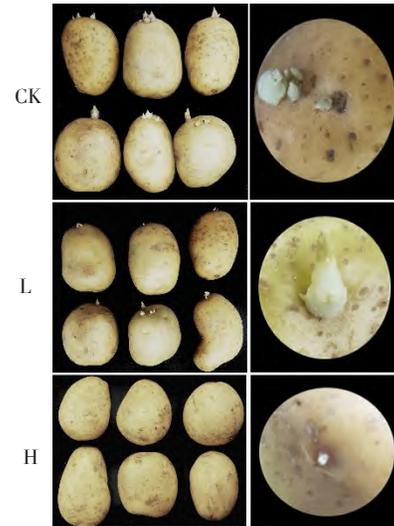
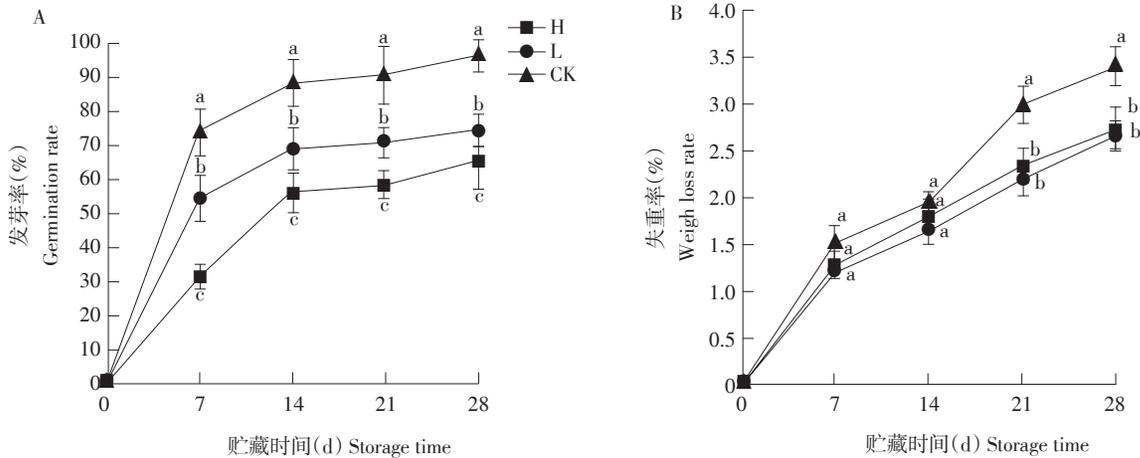


图1 不同浓度油樟精油对贮藏14 d马铃薯薯块芽生长的影响

Figure 1 Effects of different concentrations of *C. longepaniculatum* essential oil on growth of apical buds of potato tubers stored for 14 days

随贮藏时间延长, 马铃薯发芽率呈上升趋势。处理组发芽率显著低于CK组, 油樟精油浓度越高, 发芽率越低。贮藏第7 d, CK组发芽率为73.62%, 处理28 d后发芽率达到96.18%。在第7 d时, H组发芽率较CK组低42.28%, L组较CK组低19.10%; 在第28 d时, H组发芽率较CK组低30.88%, L组较CK组低21.72%(图2A)。结果表明, 油樟精油能抑制马铃薯芽萌发, H组抑制效果最佳。

贮藏期间马铃薯失重率逐渐升高, 油樟精油可以抑制失重率的上升, 处理组重量损失一直低于CK组(图2B)。试验前14 d, 处理组与CK无显著性差异。第21~28 d, CK组重量损失显著高于2个处理组; 第28 d, H组失重率为2.70%、L组失重率为2.66%、CK组失重率为3.40%。结果表明油樟精油处理可以抑制马铃薯重量下降, H组和L组无显著性差异。



注: 误差线代表标准差。具有不同小写字母的处理在0.05水平差异显著, 采用图基检验法。下同。

Note: Error bar represents standard deviation. Difference of treatments with different lowercase letter is significant at 0.05 level as tested using Tukey method. The same below.

图2 不同浓度油樟精油对马铃薯发芽率、失重率的影响

Figure 2 Effects of different concentrations of *C. longepaniculatum* essential oil on germination rate and weigh loss rate of potato

### 2.2 油樟精油对薯肉抗氧化酶活性的影响

马铃薯贮藏过程中, 油樟精油可以维持薯肉较高SOD活性。第7 d时, 相较于CK组, 油樟精油处理显著提高薯肉SOD活性, 第14 d时SOD活性有所下降, 但仍保持较高水平(图3A)。第7 d时, 处理组与对照组SOD活性差异最大, L组、H组SOD分别是CK组的1.29和1.22倍。14 d效果逐渐减弱, 到28 d与CK无显著性差异。

贮藏前14 d, 与对照相比油樟精油减缓马铃薯薯肉CAT活性下降, 从第14 d开始处理组CAT活性下降, 至对照组水平(图3B)。在第14 d时, 处理组的CAT活性显著高于对照组, 油樟精油H组的CAT活性为CK组的2.2倍, L组是CK组的2.0倍。油樟精油能在一定时间提高马铃薯薯肉CAT活性, 随贮藏时间延长效果减弱。

与对照相比, 处理组薯肉POD活性更高(图3C)。第14 d时, 处理组POD活性均达到峰值且高于对照, 其中H处理显著高于CK。第28 d时, H组POD活性是CK组的1.28倍, POD活性始终保持在较高水平。

### 2.3 油樟精油对薯肉MDA、可溶性蛋白、总还原糖含量的影响

第7 d时, 3个试验组MDA含量均有不同程度的升高, CK组上升幅度最大, 处理组MDA含量显著低于CK组, CK组MDA含量是H组1.82倍、是L组1.33倍(图4A)。贮藏28 d后, 3组MDA含量表现为CK组(2.10 μmol/g·FW)>H组(1.97 μmol/g·FW)>L组(1.53 μmol/g·FW), H组MDA含量与CK组无显著性差异。

马铃薯贮藏期间薯肉可溶性蛋白含量呈下降趋势, 28 d时, H组、L组和CK组与初始相比分别下降了22.98%、9.73%和38.23%, 油樟精油抑制了马铃薯薯肉可溶性蛋白含量下降(图4B)。L组在前14 d保持了较高的可溶性蛋白含量, 并达到峰值, 是CK组的1.59倍。H组与CK组趋势相同, H组可溶性蛋白含量始终显著高于CK组。

随贮藏时间延长, 马铃薯薯肉总还原糖含量呈下降趋势, 28 d时, H、L处理和CK与初始相比分别下降35.29%、16.65%、40.95%(图4C), 油樟精油处理减缓马铃薯总还原糖含量下降。在前

7 d, H组总还原糖含量高于CK, 而在油樟精油处理 14 d后L处理总还原糖含量显著高于CK。在

第 28 d, 表现为L组总还原糖含量为CK组的 1.41倍。

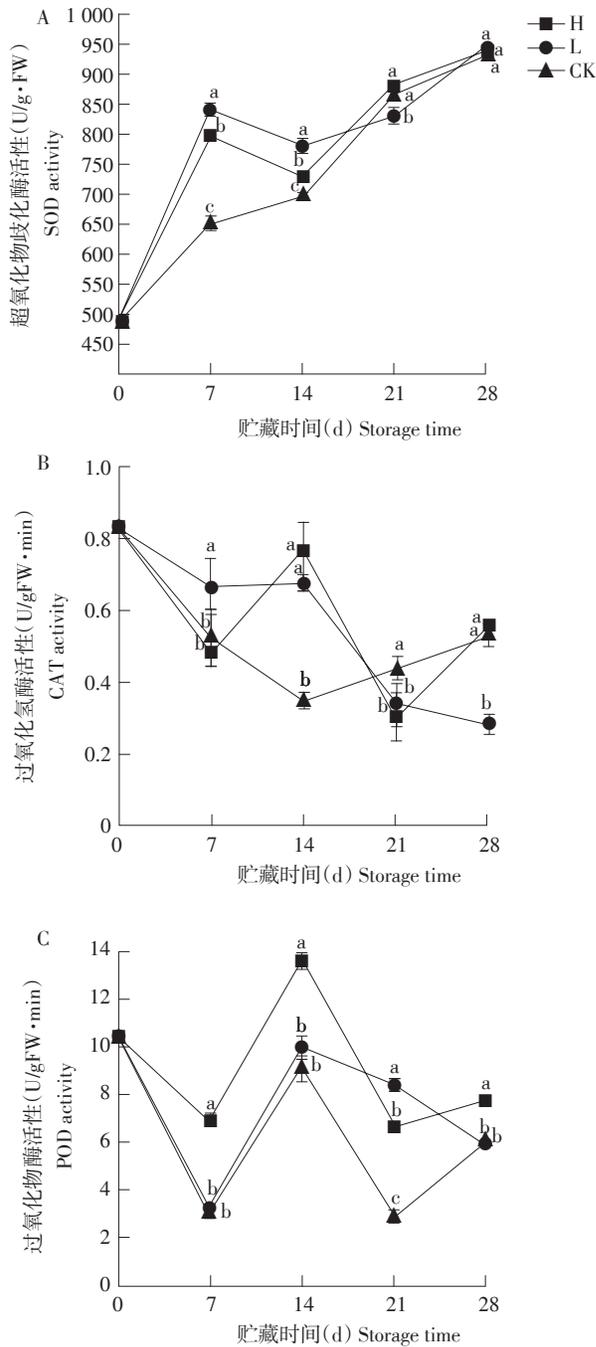


图3 不同浓度油樟精油对薯肉抗氧化酶活性的影响

Figure 3 Effects of different concentrations of *C. longepaniculatum* essential oil on antioxidant enzyme activities in potato tubers

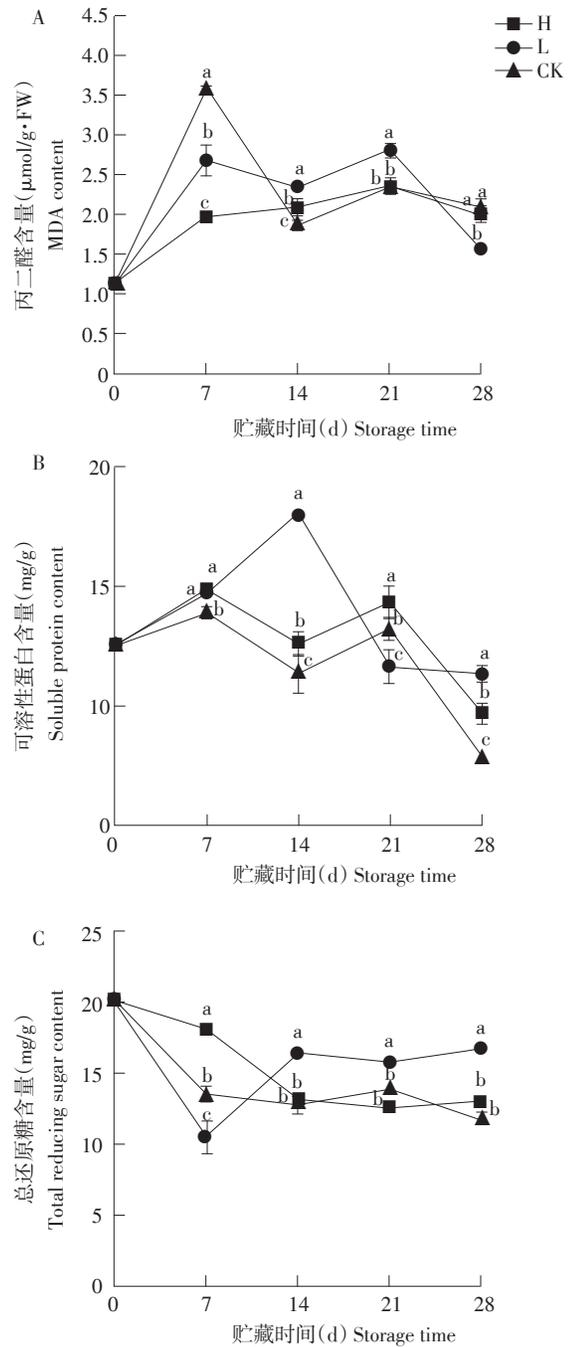


图4 不同浓度油樟精油对薯肉MDA、可溶性蛋白、总还原糖含量的影响

Figure 4 Effects of different concentrations of *C. longepaniculatum* essential oil on MDA, soluble protein and total reducing sugar contents in potato tubers

### 2.4 油樟精油对芽抗氧化酶活性的影响

芽SOD活性呈先升高后降低变化趋势(图5A)。21~28 d, 芽SOD活性差异表现为油樟精油处理组高于CK组。与CK组相比, 油樟精油处理组芽SOD活性减缓下降, 说明油樟精油可以抑制SOD活性降低。

CK与L组芽CAT活性随贮藏时间的延长呈下降趋势, 而H组处理具有较高CAT活性且显著高于其他处理(图5B)。L组在第14和21 d时油樟精油处理组CAT活性高于CK组。结果表明油樟精油处理可以抑制CAT活性的下降, L组在短期内有一致效果, H组效果最佳。

马铃薯芽POD活性在油樟精油处理后呈先下降后升高趋势。在14和28 d, 马铃薯芽POD活性都表现为H组>L组>CK组(图5C), 说明油樟精油

在一定时间能够维持芽较高的POD活性。而处理第21 d, POD活性明显下降且低于14与28 d。

### 2.5 油樟精油对芽MDA、可溶性蛋白含量的影响

试验14~28 d, 马铃薯芽的MDA含量有小幅度的下降(图6A)。在14~21 d油樟精油处理组MDA含量高于对照组, 表现为H组>L组>CK组, 这与马铃薯薯肉MDA含量变化的结果(图4)不同。结果表明, 油樟精油处理下马铃薯薯肉MDA含量相较于CK组差异不大, 而芽MDA含量显著高于对照组。

随着贮藏期延长, 马铃薯芽可溶性蛋白含量呈下降趋势。与CK组相比, 油樟精油处理下马铃薯芽可溶性蛋白含量减缓下降, H组可溶性蛋白含量在第14、28 d显著高于其他处理。在第14 d时, H组和L组可溶性蛋白含量分别是CK组1.65和1.2倍(图6B)。

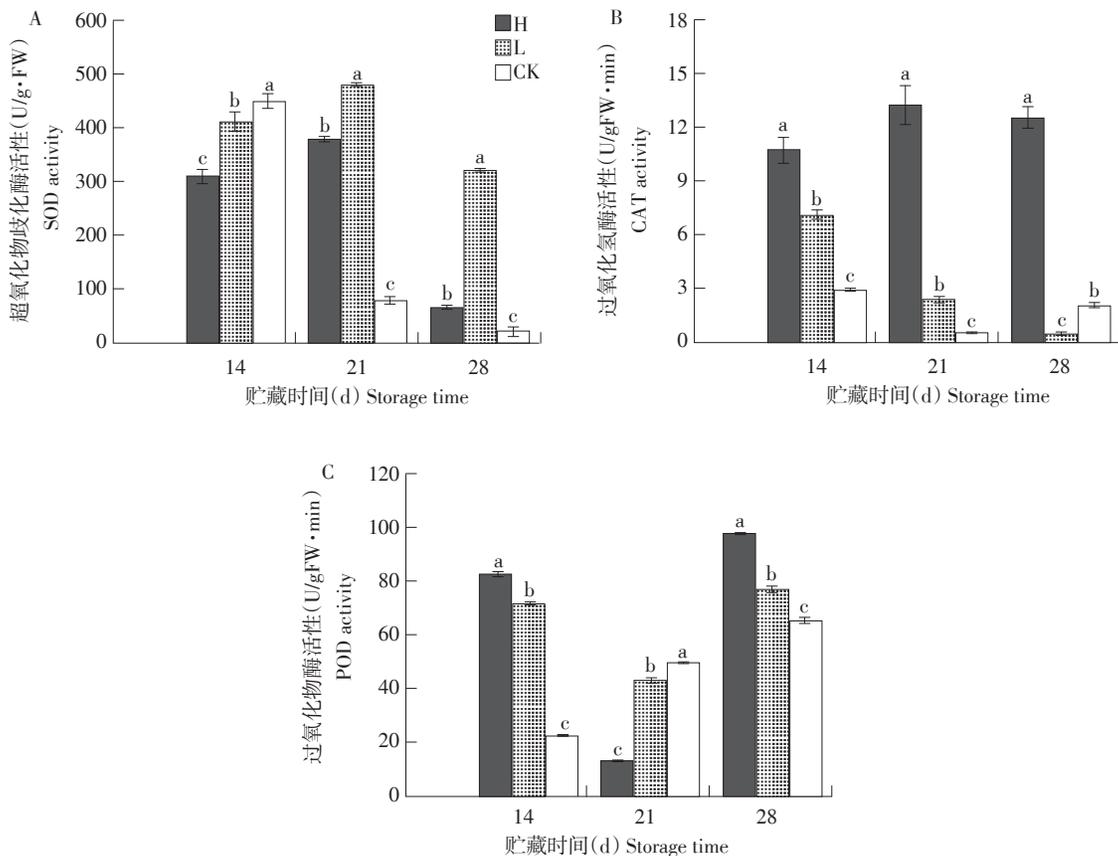


图5 不同浓度油樟精油对芽抗氧化酶活性的影响

Figure 5 Effects of different concentrations of *C. longepaniculatum* essential oil on antioxidant enzyme activities in potato buds

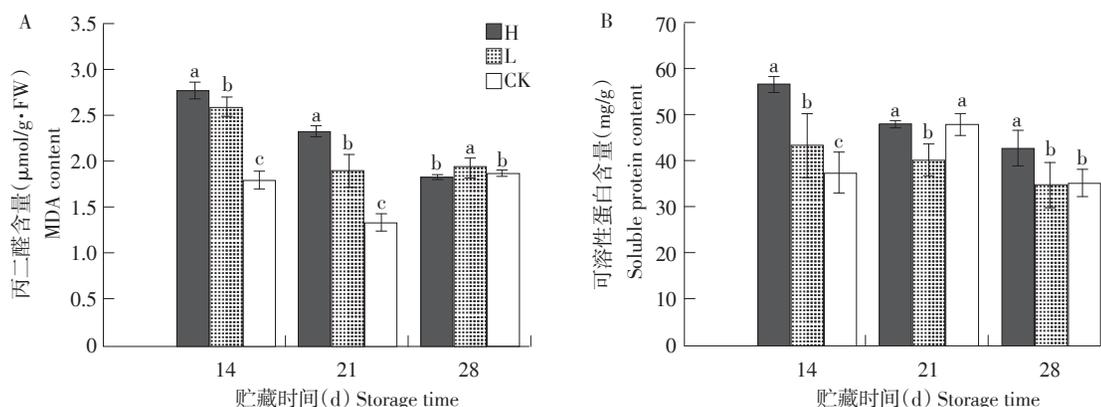


图6 不同浓度油樟精油对芽MDA、可溶性蛋白含量的影响

Figure 6 Effects of different concentrations of *C. longepaniculatum* essential oil on MDA and soluble protein contents in potato buds

### 3 讨 论

马铃薯发芽过程涉及多个代谢途径, 碳水化合物是主要的能源来源、蛋白质作为营养物质和调节物质、抗氧化酶决定一系列抗氧化物质代谢, 这些物质都会影响马铃薯的发芽进程<sup>[29]</sup>。与正常贮藏的马铃薯相比, 油樟精油抑制马铃薯萌芽、芽小且数量少, 其机理可能是通过影响营养物质、调节物质、抗氧化物质等物质代谢从而抑制芽的生长发育, 减缓马铃薯发芽进程, 降低发芽率。

马铃薯作为果蔬生命个体, 贮藏期间只有通过消耗其体内储存的营养成分(糖、蛋白质等有机物)来维持其采后生命活动。马铃薯解除休眠后, 各种代谢活动加强, 营养物质和水分被大量消耗用于芽的萌发, 薯肉失水变软变皱<sup>[30]</sup>。本试验中油樟精油高浓度处理马铃薯失重率为2.70%、低浓度处理马铃薯失重率为2.66%、正常处理马铃薯失重率为3.40%, 表明油樟精油明显降低马铃薯养分消耗, 减少马铃薯薯肉营养物质和水分的代谢。

马铃薯薯肉休眠解除可受外源性活性氧的诱导, 而抗氧化酶在维持薯肉活性氧产生和清除平衡中起关键作用<sup>[20]</sup>。植物体内清除活性氧的酶促系统主要包括SOD、CAT和POD<sup>[31]</sup>。SOD作为抗氧化酶, 可以清除植物体内有害自由基, 有效抑制活

性氧积累, 其活性越高, 活性氧积累越少, 越不利于马铃薯薯肉休眠解除。本试验中油樟精油处理马铃薯SOD活性在短时间内(0~14 d)高于对照, 因此较高SOD在短期内能够有效减缓马铃薯发芽进程, 抑制芽萌发。CAT与SOD、POD相互协调配合, 活化抗氧化系统清除过剩自由基, 消除马铃薯薯肉中的ROS, 抑制马铃薯萌芽<sup>[29]</sup>。本试验中油樟精油在较短的时间内, 特别是在第14 d时, 马铃薯在油樟精油H与L处理下CAT活性分别为对照的2.2和2.0倍, 因此油樟精油能够短期提高CAT活性, 减少薯肉中过氧化氢积累, 从而抑制其发芽。POD是具有清除过氧化氢能力的一类氧化还原酶, 可抑制过氧化氢积累, 减缓ROS积累, 从而抑制马铃薯发芽。此外, 有研究表明POD具有氧化分解吲哚乙酸(Indole-3-acetic acid, IAA)的功能, 其活性与IAA含量呈反比<sup>[32]</sup>。IAA是芽生长所必需的植物激素, 对休眠解除起促进作用, 休眠解除过程中POD含量下降, IAA含量升高。POD可能通过调控IAA的浓度来调控休眠<sup>[33]</sup>。油樟精油处理使马铃薯薯肉在短期内保持较高POD活性, 降低薯肉IAA含量, 抑制薯肉发芽。在马铃薯<sup>[34]</sup>、葡萄<sup>[35]</sup>休眠完成后, POD活性迅速下降, 而在本研究中第21 d所有处理POD活性下降, 表明油樟精油在短期内能够有效抑制马铃薯发芽, 随着时间的增加薯肉已经开始萌芽, 芽酶活性开始变化,

因此, 在第 21 d 后 POD 活性逐渐升高, 这与独蒜兰<sup>[36]</sup>、洋葱<sup>[37]</sup>中的研究一致。过氧化氢酶(CAT)属于抗氧化酶, 具有催化过氧化氢分解, 快速地将其转化为其他无害或毒性较小的物质, 避免过氧化氢对植物体造成损害。

丙二醛(MDA)作为植物组织和膜脂过氧化反应的主要产物, MDA 积累会导致植物细胞功能丧失、细胞膜降解, 常被用于衡量细胞膜过氧化的程度和活性氧清除系统的代谢<sup>[29]</sup>。MDA 产生于植物体受逆境伤害或植物体衰老时, 其含量能在一定程度上反映植物体受伤害程度。本试验结果表明, 油樟精油处理组马铃薯薯肉 MDA 含量在前 7 d 低于对照组, 生理状态更佳。第 28 d, 油樟精油处理(H组)与 CK 差异不显著, 表明油樟精油处理随时间延长减弱对 MDA 积累的抑制效果。芽 MDA 含量与其生长呈负相关性, MDA 含量越高越不利于芽萌发, 芽表现为处理组 MDA 含量(14~21 d)高于对照组, 与薯肉结果不同。

马铃薯解除休眠后, 各种代谢活动加强, 薯肉作为能量来源, 其中的大分子营养物质降解作为代谢和能源物质, 供给芽生长发育。可溶性蛋白是马铃薯薯肉的重要营养物质, 被消耗用于芽生长发育, 因此随着贮藏时间的延长其含量持续降低<sup>[32]</sup>。可溶性蛋白含量高低在一定程度上反映薯肉生命活动的强弱, 其含量低表明薯肉中蛋白质被大量消耗用于芽生长。马铃薯贮藏期间薯肉可溶性蛋白含量呈下降趋势, 在 28 d 时, 精油高浓度、低浓度、正常处理与初始相比下降了 22.98%、9.73%和 38.23%, 表明油樟精油能够抑制马铃薯薯肉中可溶性蛋白含量下降, 芽的萌发受抑制程度高。总还原糖为马铃薯生长的主要供能物质, 油樟精油可能抑制了总还原糖含量下降, 降低马铃薯代谢强度, 从而抑制芽生长发育。此外, 贮藏期间马铃薯薯肉细胞积累还原糖以提高抗逆性, 其含量越高越利于延长贮藏时间<sup>[38]</sup>。马铃薯薯肉还原糖的利用程度与芽的萌发呈正相关性: 芽生长越旺盛, 发芽指数越高, 马铃薯薯肉总还原糖下降越快, 含量越低<sup>[29]</sup>。说明油樟精油可以抑制还原糖的利用, 进而抑制芽生长发育, 前期 H 组效果

好, 后期 L 组效果更佳。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] 卢肖平. 马铃薯主粮化战略的意义, 瓶颈与政策建议 [J]. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2015(3): 1-7.
- [ 2 ] 刘小林. 马铃薯主粮化对粮食安全的积极影响及建议 [J]. 农村经济与科技, 2015, 26(11): 9-11.
- [ 3 ] 赵双, 傅茂润, 刘秀河. 马铃薯抑芽技术研究进展 [J]. 食品科学, 2013, 34(17): 338-334.
- [ 4 ] 李守强, 田世龙, 李梅, 等. 马铃薯抑芽剂的应用效果研究 [J]. 中国马铃薯, 2009, 23(5): 285-287.
- [ 5 ] 杨昕臻, 张武, 胡新元. 马铃薯抑芽技术研究现状与发展趋势 [J]. 农业科技与信息, 2015(10): 84, 102.
- [ 6 ] 尹江, 张希近, 籍立杰, 等. 如何实现我国的马铃薯安全贮藏与产品增值 [J]. 农业工程技术(农产品加工业), 2009(11): 42-44.
- [ 7 ] 袁晶, 李梅. 马铃薯采后贮藏防腐保鲜技术研究现状与发展趋势 [J]. 农业科技通讯, 2014(4): 12-14.
- [ 8 ] Vijay P, Ezekiel R, Rakesh P. Sprout suppression on potato: need to look beyond CIPC for more effective and safer alternatives [J]. Journal of Food Science and Technology, 2016, 53(1): 1-18
- [ 9 ] Gomez-Castillo D, Cruz E, Iguaz A, et al. Effects of essential oils on sprout suppression and quality of potato cultivars [J]. Postharvest Biology and Technology, 2013, 82: 15-21.
- [ 10 ] Sanl A, Karadogan T. Carvone containing essential oils as sprout suppressants in potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers at different storage temperatures [J]. Potato Research, 2019, 62(3): 345-360.
- [ 11 ] 叶旭. 三种植物精油对马铃薯贮藏保鲜效应的研究 [D]. 雅安: 四川农业大学, 2015.
- [ 12 ] 涂勇, 刘川东, 姚昕. 3种植物精油对马铃薯青薯9号贮藏效果的影响 [J]. 现代农业科技, 2020(2): 208-209, 211.
- [ 13 ] 黄涛, 叶旭, 黄雪丽, 等. 薄荷醇和茉莉精油对马铃薯抑芽效果研究 [J]. 四川农业大学学报, 2018, 36(5): 618-625.
- [ 14 ] Valeria R, Luana A, Fabio L, et al. The effect of sous vide packaging with rosemary essential oil on storage quality of fresh-cut potato [J]. LWT-Food Science and Technology, 2018, 94: 111-118.
- [ 15 ] 卢雪. 樟脑对马铃薯发芽过程中生理影响和蛋白质组研究 [D]. 雅安: 四川农业大学, 2018.
- [ 16 ] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[第三十一

- 卷》[M]. 北京: 科学出版社, 1984: 174-176.
- [17] 丛赢, 张琳, 祖元刚, 等. 油樟精油的抗炎及抗氧化活性初步研究[J]. 植物研究, 2016, 36(6): 949-954.
- [18] 严浩, 王晨笑, 岳进, 等. 油樟叶精油的提取、化学成分、抗氧化以及抗菌活性研究[J]. 保鲜与加工, 2020, 20(4): 183-191.
- [19] 邓鹭远, 罗通, 郑田喜. 宜宾油樟的化感作用对蚕豆根尖细胞有丝分裂的影响[J]. 四川大学学报: 自然科学版, 2011, 48(3): 685-690.
- [20] 李子和, 夏洪斌, 张忠, 等. 复配精油纳米乳雾化处理对马铃薯发芽的抑制作用及机理[J]. 食品与发酵工业, 2020(11): 1-10.
- [21] 范芳, 刘家伟.  $\alpha$ -萘乙酸甲酯对土豆发芽生长影响[J]. 广东石油化工学院学报, 2013, 23(6): 27-30, 41.
- [22] 于孝保, 朱继宏, 付德峰, 等. 4种蔬菜中SOD活性测定研究[J]. 现代农业科技, 2012(11): 82-88.
- [23] 许建锋, 马艳芝, 刘玉祥, 等. 低温胁迫对晚熟桃枝条电导率、SOD及POD活性的影响[J]. 贵州农业科学, 2010, 38(11): 200-202.
- [24] 张杰, 孙叶烁, 薛一花, 等. 贮藏温度对白菜叶片SOD、POD活性及MDA含量的影响[J]. 西北农林科技大学学报, 2019, 27(1): 26-32.
- [25] 刘银萍. ‘洛阳红’花期花瓣抗氧化酶SOD、POD和CAT活性的研究[J]. 河南林业科技, 2020, 40(3): 13-15, 41.
- [26] 王建刚. 不同时期8种挪威槭丙二醛(MDA)含量的变化[J]. 现代园艺, 2020, 43(15): 33.
- [27] 祝连彩, 唐士金, 周丽. 考马斯亮蓝G250法测定蛋白质含量的教学实践及方法学探讨[J]. 教育教学论坛, 2020(23): 266-269.
- [28] 刘海英, 王华华, 崔长海, 等. 可溶性糖含量测定(蒽酮法)实验的改进[J]. 实验室科学, 2013, 16(2): 19-20.
- [29] 赵双. 外源乙烯对马铃薯发芽的抑制作用及其机理研究[D]. 济南: 齐鲁工业大学, 2014.
- [30] 张欣. 抑芽剂CIPC对马铃薯贮藏期间的作用研究[D]. 兰州: 兰州理工大学, 2013.
- [31] 张瑜瑜, 陈泽斌, 用成健, 等. 外源水杨酸处理对蓝莓采后生理及贮藏品质的影响[J]. 西南农业学报, 2022, 35(1): 168-175.
- [32] 钟蕾. 生长调节剂对马铃薯贮藏期休眠及萌发的影响[D]. 雅安: 四川农业大学, 2017.
- [33] 王鹏. 马铃薯离体薯肉休眠生理研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2001.
- [34] 王鹏, 连勇, 金黎平. 马铃薯薯肉休眠及萌发过程中几种酶活性变化[J]. 华北农学报, 2003, 18(1): 33-36.
- [35] 张昂, 郑瑜琬, 陈腾, 等. 葡萄休眠解除过程中冬芽组织活性氧与抗氧化系统的变化特征[J]. 西北植物学报, 2012, 32(10): 2075-2081.
- [36] 江鸣涛, 李云霞, 张艺祎, 等. 低温贮藏期间3种独蒜兰芽发育及生理变化研究[J]. 云南农业大学学报: 自然科学, 2018, 33(3): 572-576.
- [37] Benkeblia V, Shimi N. Chilling effect on soluble sugars, respiration rate, total phenolics, peroxidase activity and dormancy of onion bulbs[J]. Scientia Agricola, 2004, 61(3): 281-285.
- [38] 徐翔, 孙劲. 烯效唑和二甲戊灵复配对马铃薯种薯发芽的影响[J]. 西南农业学报, 2021, 34(8): 1643-1648.