

香芹酮处理对马铃薯微型薯发芽调控及田间种植的影响

葛霞, 田世龙*, 田甲春, 李梅, 李守强, 程建新
(甘肃省农业科学院农产品贮藏加工研究所, 甘肃兰州 730070)

摘要: 为了解决种薯、特别是微型薯长期贮藏发芽的问题, 试验以马铃薯脱毒微型薯‘青薯9号’为材料, 分别考察香芹酮处理时间、剂量、处理次数及停药时间对微型薯贮藏效果和田间种植效果的影响。结果表明, 香芹酮对微型薯具有发芽调控和抑制腐烂的保鲜作用, 其中香芹酮一次性处理、使用剂量低的处理对微型薯发芽调控效果最佳; 田间种植结果表明, 香芹酮处理对马铃薯微型薯的出苗率、田间性状、产量及种植出马铃薯的品质无不良影响, 且选择香芹酮处理 0.3 mL/kg FW、处理 1 次、停药 4~6 周, 对‘青薯9号’微型薯贮藏期间的发芽调控、抑制腐烂及田间种植效果最佳。

关键词: 马铃薯; 微型薯; 香芹酮; 发芽调控; 田间种植

Effects of Carvone on Minituber Sprout Regulation and Field Planting

GE Xia, TIAN Shilong*, TIAN Jiachun, LI Mei, LI Shouqiang, CHENG Jianxin

(Institute of Agricultural Products Storage and Processing, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: Sprouting is a common problem during long-term storage of seed potatoes, especially minitubers. In order to solve these problems, the variety 'Qingshu 9' was used as experimental material, and the effects of carvone treatment duration, dosage, number of times and duration after treatment were respectively investigated on minituber storage quality and field planting. Carvone could regulate the sprouting and inhibit the decay rate of minitubers, among which carvone one-time treatment and low dosage treatment had the best effect on controlling the sprouting of minitubers. The results of field planting showed that carvone treatment had no adverse effects on the emergence rate, field characters, yield and quality of potatoes. Moreover, carvone treatment of 0.3 mL/kg FW, once treatment and 4-6 weeks of withdrawal of the chemical had the best effect on sprout regulation, decay inhibition and field planting of 'Qingshu 9' minitubers during the storage.

Key Words: potato; minituber; carvone; sprouting regulation; field planting

马铃薯是中国第四大主食产品, 种薯是马铃薯产业健康持续发展的基础。发芽会使种薯生理老化, 加快腐烂和失水, 严重影响种薯活力和田间种植。特别是脱毒微型薯常年生产, 从采收到第2年种植, 贮藏时间有时长达7个月以上, 加上中国

马铃薯贮藏设施多以简陋、通风不良、不能恒温控湿的贮藏窖为主, 造成马铃薯种薯发芽损失严重, 给农民带来很大的经济损失。目前, 国内外普遍使用的马铃薯抑芽剂是氯苯胺灵 (Chlorpropham, CIPC)^[1], 已经在商品薯上成功使

收稿日期: 2018-03-06

基金项目: 现代农业产业技术体系专项资金(CARS-09-P26); 国家自然科学基金项目(31660479); 甘肃省农业科学院创新团队(2017GAAS31)。

作者简介: 葛霞(1982-), 女, 副研究员, 主要从事马铃薯贮藏加工方面研究。

*通信作者(Corresponding author): 田世龙, 研究员, 主要从事马铃薯贮藏加工方面研究, E-mail: 723619635@qq.com。

用了60多年。但是, CIPC抑芽作用不可逆, 会严重影响马铃薯种薯的活性, 不能用于种薯的抑芽^[2]。为了解决种薯、特别是微型薯长期贮藏发芽的问题, 探索开发天然的、安全的、可用于马铃薯种薯的其他具有抑芽活性的化合物成为了目前国内外的研究热点。李方安等^[3]采用多效唑对‘中薯2号’、‘费乌瑞它’和‘米拉’3个品种的马铃薯脱毒微型薯进行浸种处理, 发现多效唑可延长种薯的贮藏期、减小重量损失、抑制种薯的芽长; 普红梅等^[4]探讨了薄荷精油对不同基因型马铃薯微型薯的抑芽效果, 发现薄荷精油可显著地抑制种薯的发芽, 对种薯抑芽效果除了与精油浓度有关以外, 与品种也有关系; 甘肃省农业科学院农产品贮藏加工研究所马铃薯贮藏技术研究团队探讨了香芹酮、过氧化氢、1,4-二甲基萘、壬醇、乙烯利、1-萘乙酸甲酯以及苹果对马铃薯在贮藏期间贮藏效果的影响, 发现香芹酮与1-萘乙酸甲酯对马铃薯发芽有很好的抑制效果^[5]。但这些研究仅仅探讨了抑芽剂在贮藏期间对种薯的贮藏抑芽效果, 用抑芽剂贮藏后在田间种植验证效果还未见报道。因此, 课题组采用具有抑芽活性的天然植物提取物香芹酮, 在此前的研究基础上^[6], 以‘青薯9号’脱毒微型薯为试验材料, 分别考察香芹酮处理时间、剂量、处理次数及停药时间对微型薯发芽和田间种植效果的影响, 旨在对马铃薯微型薯抑芽贮藏、田间生产等环节提供新的参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

马铃薯脱毒微型薯‘青薯9号’(定西市农业科学研究所提供); 香芹酮(武汉大华伟业医药化工有限公司); 50 cm × 37 cm × 27 cm 透明塑料密闭贮藏箱(武汉市康博顺家居用品有限公司); 9 cm 迷你风扇(德鑫旺工具商行); 电子数显卡尺(上海恒量量具有限公司)。

香芹酮药剂处理采用自制内循环微型薯贮藏箱。依据农业行业标准 NY/T 2789-2015 中贮藏库“贮藏总量不应超过库容量的65%, 贮藏高度一般不超过贮藏库高度的2/3”的要求^[7], 使用透明塑料箱、迷你风扇按图1所示组装, 模拟具有内循环通风系统的马铃薯贮藏库, 营造试验贮藏的微环境。

1.2 试验方法

1.2.1 贮藏处理

‘青薯9号’微型薯于2016年9月25日采收, 10月15日运至甘肃省农业科学院农产品贮藏加工研究所马铃薯贮藏恒温库, 在温度12~18℃、相对湿度85%~95%的环境下预处理2周, 以进行种薯完全创伤愈合。微型薯预贮结束后, 根据试验设计进行相应的药剂处理。试验共设13个处理, 3次重复, 每个处理分别称取微型薯9.50 kg在自制的内循环微型薯贮藏箱内(图1)进行药剂处理。具体处理方法详见表1, 其中香芹酮处理总剂量分别为0.0,

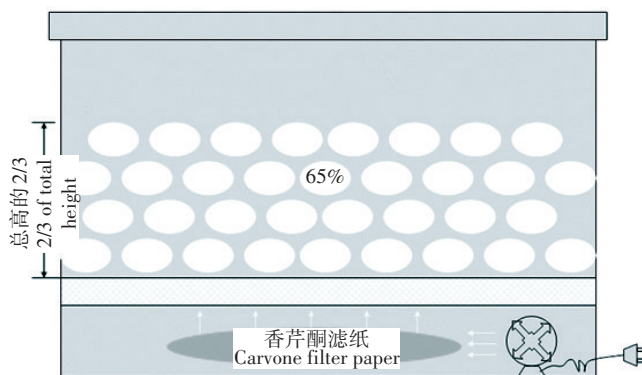


图1 自制贮藏箱示意图(65%为微型薯体积占贮藏箱体积的百分数)

Figure 1 Schematic of self-made storage box (65% refers to percentage of volume of minituber potatoes to volume of storage box)

表1 试验处理方法
Table 1 Method of treatments

处理 Treatment	香芹酮处理总剂量 Total carvone dosage	香芹酮持续处 理时间 Treatment dura- tion	香芹酮持续 停药时间 Duration after treat- ment	具体处理方法 Treatment method
CK	0.0 mL/kg FW	—	—	不做抑芽处理。
T1	0.3 mL/kg FW	16 周	8 周	在贮藏初始(第0周),按种薯的总重量,在贮藏箱内滤纸上加入0.3 mL/kg剂量的香芹酮。贮藏16周时停药(将种薯装于网袋置于通风干燥处充分散药),距种植时散药持续时间为8周。
T2	0.3 mL/kg FW	16 周	8 周	在0~16周的贮藏期间,按种薯的总重量,分别在贮藏0.6和12周时在贮藏箱内滤纸上加入0.1 mL/kg剂量的香芹酮,即6周处理1次,共施药3次。贮藏16周时停药(将种薯装于网袋置于通风干燥处充分散药),距种植时散药持续时间为8周。
T3	0.6 mL/kg FW	16 周	8 周	在贮藏初始(第0周),按种薯的总重量,在贮藏箱内滤纸上加入0.6 mL/kg剂量的香芹酮。贮藏16周时停药(将种薯装于网袋置于通风干燥处充分散药),距种植时散药持续时间为8周。
T4	0.6 mL/kg FW	16 周	8 周	在0~16周的贮藏期间,按种薯的总重量,分别在贮藏0.6和12周时在贮藏箱内滤纸上加入0.2 mL/kg剂量的香芹酮,即6周处理1次,共施药3次。贮藏16周时停药(将种薯装于网袋置于通风干燥处充分散药),距种植时散药持续时间为8周。
T5	0.3 mL/kg FW	18 周	6 周	在贮藏初始(第0周),按种薯的总重量,在贮藏箱内滤纸上加入0.3 mL/kg剂量的香芹酮。贮藏18周时停药(将种薯装于网袋置于通风干燥处充分散药),距种植时散药持续时间为6周。
T6	0.3 mL/kg FW	18 周	6 周	在0~18周的贮藏期间,按种薯的总重量,分别在贮藏0.6和12周时在贮藏箱内滤纸上加入0.1 mL/kg剂量的香芹酮,即6周处理1次,共施药3次。贮藏18周时停药(将种薯装于网袋置于通风干燥处充分散药),距种植时散药持续时间为6周。
T7	0.6 mL/kg FW	18 周	6 周	在贮藏初始(第0周),按种薯的总重量,在贮藏箱内滤纸上加入0.6 mL/kg剂量的香芹酮。贮藏18周时停药(将种薯装于网袋置于通风干燥处充分散药),距种植时散药持续时间为6周。
T8	0.6 mL/kg FW	18 周	6 周	在0~18周的贮藏期间,按种薯的总重量,分别在贮藏0.6和12周时在贮藏箱内滤纸上加入0.2 mL/kg剂量的香芹酮,即6周处理1次,共施药3次。贮藏18周时停药(将种薯装于网袋置于通风干燥处充分散药),距种植时散药持续时间为6周。
T9	0.3 mL/kg FW	20 周	4 周	在贮藏初始(第0周),按种薯的总重量,在贮藏箱内滤纸上加入0.3 mL/kg剂量的香芹酮。贮藏20周时停药(将种薯装于网袋置于通风干燥处充分散药),距种植时散药持续时间为4周。
T10	0.3 mL/kg FW	20 周	4 周	在0~20周的贮藏期间,按种薯的总重量,分别在贮藏0.6和12周时在贮藏箱内滤纸上加入0.1 mL/kg剂量的香芹酮,即6周处理1次,共施药3次。贮藏20周时停药(将种薯装于网袋置于通风干燥处充分散药),距种植时散药持续时间为4周。
T11	0.6 mL/kg FW	20 周	4 周	在贮藏初始(第0周),按种薯的总重量,在贮藏箱内滤纸上加入0.6 mL/kg剂量的香芹酮。贮藏20周时停药(将种薯装于网袋置于通风干燥处充分散药),距种植时散药持续时间为4周。
T12	0.6 mL/kg FW	20 周	4 周	在0~20周的贮藏期间,按种薯的总重量,分别在贮藏0.6和12周时在贮藏箱内滤纸上加入0.2 mL/kg剂量的香芹酮,即6周处理1次,共施药3次。贮藏20周时停药(将种薯装于网袋置于通风干燥处充分散药),距种植时散药持续时间为4周。

0.3和0.6 mL/kg FW(单位mL/kg FW为处理每公斤种薯所需香芹酮的用量);距种植前停药持续时间分别为4、6和8周;处理次数分别为一次性处理和分三次处理(贮藏0、6和12周各处理1次,贮藏时间自施药起开始计算)。根据试验设计分别将载有不同剂量香芹酮的滤纸置于自制内循环微型薯贮藏箱底部,距底部箱高三分之一处加透气隔板,然后将微型薯置于隔板上,密闭贮藏箱,接通风扇电源使香芹酮药剂在整箱内循环20 min。整个贮藏期间,对照贮藏箱与香芹酮各处理贮藏箱分开放置在不同的马铃薯贮藏恒温库内,贮藏温度设定为 $(10 \pm 1)^\circ\text{C}$ 。贮藏期间管理为每两天开盖通风1次,每次通风20 min,通风后再接通风扇电源进行药剂的内循环处理。

1.2.2 贮藏指标的测定方法

失重率:贮藏初始,每个处理箱中随机选取10个微型薯装入小网袋中,分别测定其初始重量(g_0)与贮藏每4周的重(g_i),计算失重率^[8]。

$$\text{失重率}(\%) = [(g_0 - g_i)/g_0] \times 100$$

平均芽长:每个处理箱中随机取马铃薯10个,用游标卡尺测量顶芽的长度,测量后取平均值^[9]。种薯芽长分别在停药时(16、18和20周)和种植时(24周)测定。

腐烂率:在微型薯种植时(24周)统计各处理腐烂种薯的重量(m_1)及种薯总重量(m_2),腐烂率按 m_1 占 m_2 的百分数计算。

1.2.3 田间种植试验

试验地点分别位于定西市农业科学研究院试验基地和天水市农业科学研究所中梁试验站。定西市农业科学研究院试验基地,海拔1 920 m,年均辐射592.85 kJ/cm²,年均气温6.4 °C,年均降水量415.2 mm,年蒸发量1 531 mm,干燥度2.53。土壤类型为黄绵土。天水市农业科学研究所中梁试验站,海拔1 650 m,年均气温11.0 °C,年均降水量491.7 mm。年蒸发量1 473 mm,试验地为山旱地,地势平坦,肥力中等,地周无树木及建筑。前作为冬小麦。土壤类型为黄绵土。

试验采用露地平播方式,随机区组排列,每个处理重复3次。小区长5.7 m,宽3.5 m,面积20 m²。每个小区5行,株距0.28 m,行距0.70 m,每行20株,共计100株,播种密度3 333株/667m²。定西市农业科学研究院试验基地于2017年4月20日播种,6月

20日培土,7月5日、8月2日因天气干旱进行补水灌溉2次,于10月10日收获。天水市农业科学研究所中梁试验站于2017年4月17日人工挖窝播种,6月12日除草浅培土一遍,6月25日培土追肥,追施尿素(N 46%)15.5 kg/667m²。7月11日、25日喷药(烯酰吗啉+吡虫啉)防治晚疫病及蚜虫,防治鼠害2次,9月28日收获。

1.2.4 田间调查指标

田间调查标准参照参考文献[9-11]。

物候期:记载播种、出苗、现蕾、开花、封行、成熟、收获及生育期,以植株总数中某一特征显著变化达到群体数目60%以上时,为某物候期的记录标准。

出苗率:播种后35d统计出苗率,每个小区统计3行。

株高:植株从地面到主茎最高处的距离,每小区随机选取10株进行测定,取平均值。

主茎数:每个小区测定10株,测定种薯上芽眼中的芽直接长出地面形成的茎的数量,于出苗后第60d测定。

测产和商品薯率:收获时,每个小区取3行进行测产,此外取另2行进行单株块茎数、单株薯产量、商品薯率的测定。测定商品薯率时,将马铃薯按大中薯(≥ 75 g)、小薯(< 75 g)分类并称重,分别计算所占的薯重百分率,商品薯率以大中薯所占总重的百分数计算。

1.2.5 马铃薯采后品质测定方法

对种植产出的马铃薯进行品质测定。干物质采用烘干恒重法测定^[12];粗淀粉采用酸水解-旋光法用自动旋光仪测定^[13];还原糖采用氰化盐法测定^[14];维生素C采用荧光法用荧光分光光度计测定^[15];粗蛋白采用凯氏法用全自动定氮仪测定^[16]。

1.3 数据处理

试验采用完全随机取样,用Microsoft Excel 2007进行数据分析与谱图处理。数据分析用DPS 7.05数据处理系统软件进行,采用Duncan's新复极差检验进行多重比较。

2 结果与分析

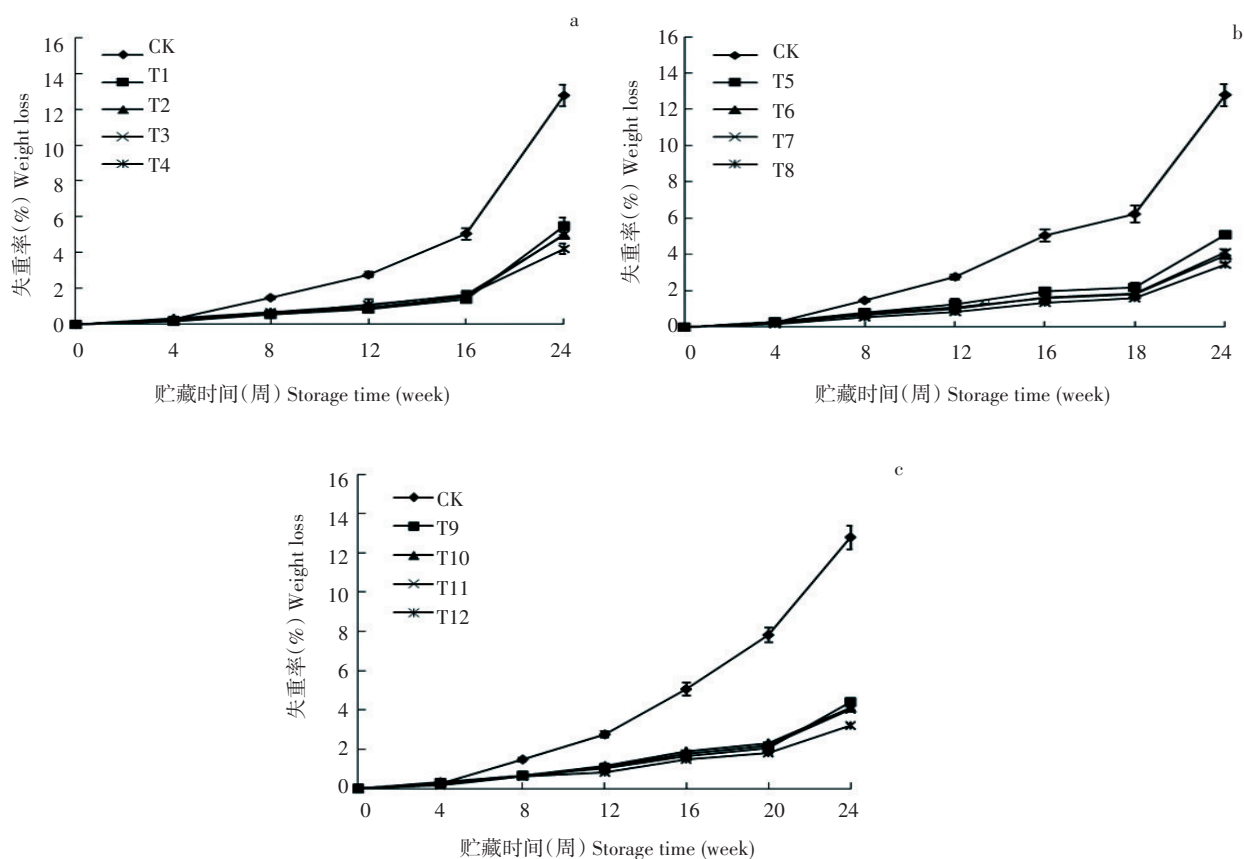
2.1 贮藏期间试验结果

2.1.1 香芹酮处理对微型薯失重率的影响

在贮藏过程中,马铃薯重量损失的主要原因为水分散发、呼吸以及其他生理代谢进程,除此之外

还因马铃薯发芽的增多而增加。从图2中可以看出, 各处理马铃薯的失重率曲线随着贮藏期的延长而呈上升趋势。经差异显著性测验, CK在贮藏8周以后即与香芹酮各处理失重率达到显著差异, 这可能因为香芹酮在贮藏期间抑制了微型薯的发芽, 且对一些真菌病害还有抗菌作用, 因此可减少微型薯贮藏过程中因腐烂而造成的失水损失, 延缓了马铃薯失重率数值的升高。以CK为对照, 处理T1~T4、T5~T8和T9~T12分别在停药时间节点16周(图2a)、18周(图2b)和20周(图2c)时, 除CK与香芹酮处理失重率达显著差异外, 香芹酮各处理之间失重率均未达到显著差异, 说明在香芹酮施药期间, 香芹酮处理剂量和处理次数对微型薯的失重率没有影响。

微型薯贮藏24周时, CK、T1~T4、T5~T8、T9~T12的失重率分别为12.79%、(5.47%、4.99%、5.02%、4.20%)、(5.09%、3.93%、4.14%、3.44%)和(4.42%、4.13%、4.04%、3.21%)。在香芹酮各处理中, 同剂量、同处理次数时, 药剂处理时间越长即停药时间越短的处理微型薯的失重率越低, 如T4、T8和T12的处理剂量同为0.6 mL/kg, 其失重率数值从高到低为T4>T8>T12, 但未达显著差异, 因此不同停药时间对失重率影响不显著。在相同停药时间、不同处理, 如T5、T6、T7和T8失重率分别为5.09% a、3.93% b、4.14% b和3.44% c, 说明停药时间相同时, 处理剂量和处理次数对失重率有影响, 剂量大、分次处理有利于低失重率。



a—CK、T1~T4散药8周;b—CK、T5~T8散药6周;c—CK、T9~T12散药4周。误差线为标准误。

a—CK, T1~T4 eight weeks after removing carvone; b—CK, T5~T8 six weeks after removing carvone; c—CK, T9~T12 four weeks after removing carvone. Error bar is standard error.

图2 各处理对微型薯失重率的影响

Figure 2 Effects of different treatments on weight loss of minitubers during storage

2.1.2 香芹酮处理对微型薯的发芽调控

表2分别统计了贮藏16周(CK、T1~T4)、18周(CK、T5~T8)、20周(CK、T9~T12)停药时和24周种植时所有处理的芽长。香芹酮处理在停药时(16, 18和20周)的芽长均呈萌芽状态(芽长<5 mm), 与之相对应的CK在贮藏16, 18和20周时微型薯芽长分别达24.31, 32.26和33.21 mm, 与香芹酮各处理芽长达显著性差异, 说明香芹酮对种薯贮藏期间的发芽有很好的抑制作用。贮藏24周时, 从各处理种植时的芽长数据可以看出, CK芽长达51.02 mm, 香芹酮各处理在停药后到种植前, 由于香芹酮药效的散除, 种薯又开始发芽, 根据种植时的理想芽长为5 mm左右这一判断标准, 按芽长数值得出最适宜的处理为T1(4.77 mm)、T3(5.32 mm)、T5(4.76 mm)和T9(4.40 mm), 说明香芹酮一次处理较分次处理更适宜微型薯芽的调控。

2.1.3 香芹酮处理对腐烂率的影响

贮藏24周种植时对所有处理进行了腐烂率的统计(表3), 结果表明CK腐烂率高达50.42%, 而香芹

酮药剂处理腐烂率在5%~10%。香芹酮对一些真菌具备抗菌活性, 比如马铃薯贮藏期间常见的硫色镰刀菌(*Fusarium sulphureum*), 茎点霉菌(*Phoma exigua* var. *foveata*)以及马铃薯银腐病菌(*Helminthosporium solani*)等。因此, 香芹酮可抑制马铃薯贮藏期间干腐病、坏疽病和银腐病等病害发生。

2.2 大田种植试验

根据贮藏期间香芹酮对微型薯发芽调控的影响, 以CK为对照, 选择对微型薯发芽调控作用较好的香芹酮处理T1、T3、T5和T9进一步进行大田种植试验。

2.2.1 不同处理对马铃薯物候期的影响

表4为不同处理微型薯田间种植后的物候期, 从出苗时间来看, 天水种植的T3处理出苗相比CK推迟了2 d, 其余处理均与CK出苗时间相当或较对照提前1~2 d, 可能是T3香芹酮处理浓度较其他处理高的原因, 略推迟了出苗时间; 香芹酮处理的微型薯现蕾期、开花期与CK相当或较对照提前1~5 d; 香芹酮处理的微型薯种植后其成熟期和生育期与CK也差别不大。

表2 各处理停药时和种植时种薯芽长
Table 2 Sprout length of potato under different treatments

香芹酮持续处理时间(周)/香芹酮持续停药时间(周) Treatment duration (week)/duration after removing carvone (week)	处理 Treatment	停药时(16/18/20周)芽长(mm) Sprout length at end of treatment	种植时(24周)芽长(mm) Sprout length at planting
16/8	CK	24.31 a	51.02 a
	T1	0.67 b	4.77 b
	T2	0.00 b	1.97 b
	T3	0.11 b	5.32 b
	T4	0.00 b	0.50 b
18/6	CK	32.26 a	51.02 a
	T5	0.91 b	4.76 b
	T6	0.00 b	1.50 b
	T7	0.32 b	3.35 b
	T8	0.00 b	1.70 b
20/4	CK	33.21 a	51.02 a
	T9	3.19 b	4.40 b
	T10	0.00 b	0.49 b
	T11	0.55 b	2.36 b
	T12	0.00 b	0.32 b

注: 小写字母表示0.05显著水平, 邓肯氏多重极差测验。下同。

Note: Lowercase letters stand for 0.05 significant level. Treatment means in the same column are separated by Duncan's multiple range test. The same below.

表 3 种植时(24周)各处理腐烂率							
Table 3 Decay rate of potato under different treatments at planting (24 weeks)							
处理 Treatment	腐烂率(%) Decay rate	处理 Treatment	腐烂率(%) Decay rate	处理 Treatment	腐烂率(%) Decay rate	处理 Treatment	腐烂率(%) Decay rate
CK	50.42 a	T1	5.23 b	T5	5.51 b	T9	6.47 b
		T2	9.21 b	T6	5.82 b	T10	9.23 b
		T3	6.25 b	T7	6.36 b	T11	7.45 b
		T4	6.38 b	T8	9.58 b	T12	5.23 b

表 4 各处理物候期								
Table 4 Phenological stage of potato under different treatments								
地点 Site	处理 Treatment	播种期(D/M) Sowing	出苗期(D/M) Emergence	现蕾期(D/M) Bud flower	开花期(D/M) Flowering	成熟期(D/M) Maturity	收获期(D/M) Harvesting	生育期(d) Growth duration
定西 Dingxi	CK	20/04	21/05	25/07	01/08	04/10	10/10	137
	T1	20/04	21/05	20/07	27/07	04/10	10/10	137
	T3	20/04	21/05	25/07	01/08	04/10	10/10	137
	T5	20/04	20/05	25/07	27/07	04/10	10/10	138
	T9	20/04	21/05	25/07	01/08	04/10	10/10	137
天水 Tianshui	CK	17/04	19/05	14/06	28/06	24/09	28/09	128
	T1	17/04	18/05	12/06	26/06	21/09	28/09	126
	T3	17/04	21/05	13/06	28/06	22/09	28/09	124
	T5	17/04	19/05	14/06	27/06	24/09	28/09	128
	T9	17/04	17/05	13/06	27/06	21/09	28/09	127

2.2.2 不同处理对马铃薯田间性状及产量的影响

CK 以及香芹酮 T1、T3、T5 和 T9 处理微型薯种植后的田间性状和产量数据列于表 5。从出苗率数据来看, CK 出苗率相对香芹酮处理较低, 可能因种植时芽长较长受到机械损伤所致, 但从差异显著性来看, 香芹酮处理与 CK 的出苗率无显著性差异; 除了定西 T3 外, 两地香芹酮处理的株高均显著高于 CK; 香芹酮各处理的主茎数和单株块茎重量与 CK 相比没有显著性差异; 定西 T5 处理的单株块茎数显著低于 CK 和香芹酮其他处理, 天水香芹酮各处理的单株块茎数显著高于 CK; 从商品薯率数据来看, 香芹酮处理的微型薯种植后商品薯率略低于 CK; 从定西产量显著性数据来看, 产量由高到底为 T3、T5 和 T9 > CK > T1, 天水产量由高到低为 T1、T5 和 T9 > T3 > CK, 说明 T3、T5 和 T9 处理相比对照有助于产量的提高, 而 T3 处理剂量为 0.6 mL/kg FW, 从经济成本

来看 T5 和 T9 处理剂量仅为 0.3 mL/kg FW, 更适宜微型薯的发芽调控。

2.2.3 香芹酮处理对产出马铃薯品质的影响

表 6 为 CK、T5 和 T9 对微型薯种植出马铃薯的品质影响, 可以看出 T5 和 T9 香芹酮处理的微型薯种植出的马铃薯其干物质、粗蛋白、粗淀粉、维生素 C 和还原糖与 CK 相比未存在显著差异, 说明香芹酮对微型薯种植出的马铃薯品质没有影响。

3 讨 论

香芹酮是一种天然的、具有挥发性的单萜类物质, 其可从天然植物葛缕子草(*Carum carvi* L.)种子的精油中提取出来。国外已有大量文献证实了香芹酮对马铃薯具有非常好的抑芽效果, 且在荷兰、瑞士和其他几个国家作为马铃薯抑芽剂已经被商业化(Talent™), 2008 年香芹酮获得欧盟批准并列入欧盟农

表5 各处理田间性状及产量指标

Table 5 Field traits and yield of potato under different treatments

处理 Treatment	出苗率 (%) Emergence rate	株高 (cm) Plant height	主茎数(No.) Main stem number	单株块茎数 (个/株) Tuber number per plant (No./plant)	单株块茎产量 (kg/株) Tuber yield per plant (kg/plant)	商品薯率(%) Marketable tu- ber percentage	产量 (kg/667m²) Yield	
定西 Dingxi	CK	96.70 a	43.30 c	3.0 ab	7.0 a	0.54 a	66.50 a	1 806 b
	T1	99.00 a	70.00 a	2.3 b	7.5 a	0.45 a	68.10 a	1 494 c
	T3	97.00 a	50.00 bc	2.0 b	7.3 a	0.58 a	59.50 ab	1 930 a
	T5	96.30 a	60.00 ab	2.3 b	5.8 b	0.58 a	53.20 b	1 922 a
	T9	99.70 a	55.00 ab	4.0 a	7.5 a	0.58 a	57.70 ab	1 928 a
天水 Tianshui	CK	97.24 a	73.34 b	4.0 a	6.6 c	0.52 a	71.58 a	1 656 c
	T1	98.16 a	79.00 a	3.3 a	9.6 ab	0.59 a	70.19 ab	1 887 ab
	T3	98.27 a	80.30 a	3.3 a	8.6 b	0.58 a	72.91 a	1 866 b
	T5	99.00 a	79.32 a	3.0 a	9.3 ab	0.60 a	69.14 ab	1 913 ab
	T9	100.00 a	76.65 a	3.7 a	11.1 a	0.63 a	64.07 b	2 025 a

表6 香芹酮对微型薯种植出马铃薯品质的影响

Table 6 Effects of carvone on potato quality

处理 Treatment	干物质(g/100g) Dry matter	粗蛋白(g/100g) Crude protein	粗淀粉(%) Crude starch	维生素C(mg/100g) Vitamin C	还原糖(g/100g) Reducing sugar
CK	24.33 a	2.25 a	17.84 a	15.00 a	0.21 a
T5	23.93 a	2.16 a	17.71 a	16.07 a	0.17 a
T9	24.37 a	2.18 a	18.74 a	15.63 a	0.18 a

药管理条例的附录 I 中^[17-20]。商品薯大量贮藏时, 可以将其作为冷雾剂也可利用常规的热雾剂来施用于马铃薯。与 CIPC 一样除了可以抑制芽的生长以外, 香芹酮也会抑制马铃薯的创伤愈合, 因此实际使用时期应在马铃薯创伤愈合期后、萌芽期之前^[21]。

除此之外, 由于香芹酮对马铃薯中的 3-羟甲基戊二酰辅酶 A 还原酶(HMGR)有抑制作用, 并且这种抑制作用具有可逆性^[22], 因此香芹酮不仅可以用于商品薯的抑芽, 也可作为种薯抑芽剂使用^[23]。Sorice 等^[24]研究发现香芹酮作用于马铃薯种薯 6 个月, 可在不影响芽活性的情况下完全抑制种薯发芽, 香芹酮最有效的蒸汽浓度为 0.34~1.06 $\mu\text{mol/mol}$ 。目前还没有关于香芹酮对种薯田间种植影响的报道, 因此本研究以‘青薯 9 号’微型薯为试验材料, 考察了香芹酮两个剂量(0.3 和 0.6 mL/kg)、处理次数(一次性处理和分次处理), 以及距种植前停药时间(4, 6

和 8 周)对微型薯的贮藏效果和田间种植影响。研究结果发现, 与 CK 相比香芹酮在施药期间对微型薯具有很好的保鲜效果, 失重率、芽长和腐烂率都显著低于 CK, 说明在贮藏期间香芹酮可显著延缓微型薯的重量损失, 对微型薯也有很好的发芽调控作用, 其中以 T1、T3、T5 和 T9 处理对微型薯发芽调控效果最理想, 说明香芹酮一次性处理较分次处理更适宜微型薯发芽的调控; 微型薯作为种薯不同于其他用途马铃薯贮藏, 除了在贮藏期间需要抑制其发芽、失水和腐烂外, 还需要考虑其作为种子的活力问题。田间种植结果表明, 从显著性差异上来说香芹酮处理对马铃薯微型薯的出苗率、产量、产出马铃薯品质无不良影响, 且香芹酮一次性处理、停药 4~8 周(T3、T5 和 T9)有助于马铃薯微型薯产量的增加。而 T3 较 T5、T9 施药剂量高, 因此从经济角度来看, T5、T9 处理微型薯最好, 即处理剂量为 0.3

mL/kg FW、一次性药剂处理、停药4~6周的香芹酮处理方式作为微型薯的最佳贮藏方式。

香芹酮在微型薯贮藏的实际应用中还需进一步解决降低其使用成本和作用于其他品种的问题,特别是需要进行大量的验证性实验,且本研究尚未考虑结合种前催芽等方式以达到提高田间出苗速率、出苗率、获得增产增收的应用价值。但本研究首次考察了香芹酮不同处理方法对微型薯的发芽调控及田间种植效果的影响,为今后香芹酮可作为微型薯抑芽剂提供了理论实践基础。

[参 考 文 献]

- [1] Marth P C, Schultz E S. A new sprout inhibitor for potato tubers [J]. American Potato Journal, 1952, 29: 268-272.
- [2] 刘朝侦, 王璧生, 丁爱冬, 等. CIPC抑芽剂对马铃薯抑芽效果试验 [J]. 植物保护, 1994(1): 26-27.
- [3] 李方安, 刘帆, 王西瑶, 等. 多效唑对马铃薯3个品种的原种贮藏效应研究 [J]. 四川农业大学学报, 2013(2): 131-135.
- [4] 普红梅, 杨万林, 刘凌云, 等. 薄荷精油对不同基因型马铃薯原种的抑芽效果 [J]. 中国蔬菜, 2016(10): 67-70.
- [5] 葛霞, 程建新, 田世龙, 等. 马铃薯抑芽剂的初选研究 [C]//屈冬玉, 陈伊里. 马铃薯产业与中国式主食. 哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 2016: 336-342.
- [6] 葛霞, 田世龙, 李守强, 等. 天然植物挥发性精油香芹酮对马铃薯的抑芽作用 [C]//陈伊里, 屈冬玉. 马铃薯产业与农村区域发展. 哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 2013: 380-387.
- [7] 中华人民共和国农业部. NY/T 2789-2015 中华人民共和国农业行业标准 薯类贮藏技术规范 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- [8] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007.
- [9] 刘羽, 刘富强, 李文刚, 等. 微肥对马铃薯产量、品质、薯皮超微结构及块茎耐贮性的影响 [J]. 中国马铃薯, 2018, 32(6): 351-357.
- [10] 沈宝云, 康小华, 张宗雄, 等. 滴灌条件下不同基追肥比例对马铃薯生长发育、产量及经济效益的影响 [J]. 中国马铃薯, 2018, 32(5): 283-292.
- [11] 马达灵, 郭美兰, 徐松鹤, 等. 一年连作对马铃薯形态特征及其产量的影响 [J]. 中国马铃薯, 2018, 32(3): 143-147.
- [12] 国家卫生部, 国家标准化委员会. GB/T 8858-1988 水果、蔬菜产品中干物质和水分含量的测定方法 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1988.
- [13] 王黎明. 马铃薯中粗淀粉含量的测定方法—旋光法 [J]. 宁夏农林科技, 2010(6): 51.
- [14] 李寿文, 李玉芳. 对马铃薯薯块中还原糖测定方法的改进 [J]. 甘肃农业科技, 1996(9): 16-17.
- [15] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.86-2016 食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [16] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. GB 5009.5-2016 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [17] Katundu M G, Hendriks S L, Bower J P, et al. Effects of traditional storage practices of small-scale organic farmers on potato quality [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2007, 87(10): 1820-1825.
- [18] Hartmans K J, Diepenhorst P, Bakker W, et al. The use of carvone in agriculture: sprout suppression of potatoes and antifungal activity against potato tuber and other plant diseases [J]. Industrial Crops and Products, 1995, 4(1): 3-13.
- [19] Mahto R, Das M. Effect of gamma irradiation on the physico-mechanical and chemical properties of potato (*Solanum tuberosum* L.), cv. 'Kufri Sindhuri', in non-refrigerated storage conditions [J]. Postharvest Biology and Technology, 2014, 92: 37-45.
- [20] Kleinkopf G E, Oberg N A, Olsen N L. Sprout inhibition in storage: current status, new chemistries and natural compounds [J]. American Journal of Potato Research, 2003, 80: 317-327.
- [21] Oosterhaven K, Hartmans K J, Scheffer J J C, et al. Inhibitory effect of S-carvone on wound healing of potato tuber tissue [J]. Physiologia Plantarum, 1995, 93(2): 225-232.
- [22] Oosterhaven K, Hartmans K J, Huizing H J. Inhibition of potato (*Solanum tuberosum*) sprout growth by the monoterpene carvone: reduction of 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme A reductase activity without effect on its mRNA level [J]. Journal of Plant Physiology, 1993, 141: 463-469.
- [23] Oosterhaven J. Different aspects of carvone, a natural potato sprout inhibitor [D]. Wageningen: Wageningen University, 1995.
- [24] Sorce C, Lorenzi R, Ranalli P. The effects of (S)-(+)-carvone treatments on seed potato tuber dormancy and sprouting [J]. Potato Research, 1997, 40(2): 155-161.