

中图分类号: S532 文献标识码: B 文章编号: 1672-3635(2019)04-0237-06

贮藏加工

加热熏蒸 CIPC 对马铃薯萌芽及品质的影响

李昕昀, 施雅菲, 梅 猛, 黄 涛, 王西瑶*, 黄雪丽, 邸雪妮
(四川农业大学农学院, 四川 成都 611130)

摘 要: 为研究加热熏蒸抑芽剂氯苯胺灵(CIPC)对马铃薯抑芽效果及品质的影响, 试验采用加热熏蒸和喷施2种方法, 在室温20℃的条件下, 贮藏第30 d时对马铃薯进行处理, 空白对照不做任何处理, 测定马铃薯萌芽情况及品质关键指标。结果表明, 相比空白对照, 在马铃薯贮藏过程中, 喷雾CIPC和加热熏蒸CIPC均能显著抑制马铃薯发芽, 处理后薯块普遍出现芽萎缩变黑的现象; 2种处理后干物质含量、淀粉含量均极显著高于对照, 可溶性糖含量、 α -淀粉酶活性极显著低于空白对照; 相比之下, 喷雾施用CIPC较加热熏蒸对马铃薯的抑芽效果和薯块品质的保持更佳, 但二者都具有明显的抑芽效果。考虑操作性、成本、对马铃薯的机械损伤等因素, 认为加热熏蒸比喷雾的优势更加显著, 在实际生产中具有更好的推广潜力。

关键词: CIPC; 加热熏蒸; 喷雾; 萌芽; 品质

Effects of Heating Fumigation of Chlorpropham on Potato Sprouting and Quality

LI Xinyun, SHI Yafei, MEI Meng, HUANG Tao, WANG Xiyao*, HUANG Xueli, DI Xueni

(College of Agronomy, Sichuan Agricultural University, Chengdu, Sichuan 611130, China)

Abstract: The potato was treated by chlorpropham (CIPC) using two methods, heating fumigation and spraying, at 30 d after storage under room temperature 20 °C and sprouting and key quality indicators were measured in order to understand the effects of heating fumigation of the sprout inhibitor CIPC on sprouting and quality of potatoes with no treatment as a control. Compared with control, spraying and heating fumigation of CIPC significantly inhibited potato sprouting during potato storage. After treatment, the sprouts were shrunken and darkened. The dry matter content and starch content of the two treatments were highly significantly higher than those of the control, while the soluble sugar content and alpha-amylase activity were highly significantly lower than those of the control. In comparison, spraying of CIPC had better effects on potato sprouting and potato quality than heating fumigation though both of the application methods had obvious sprout inhibition effects. Considering the operation, cost, mechanical damage to potato and other factors, it is suggested that heating-fumigation has obvious advantages than spraying, with a good potential in practical production.

Key Words: chlorpropham (CIPC); heating-fumigation; spray; sprout; quality

马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)为茄科多年生植物, 是世界性蔬菜, 也是一种极具开发潜力和开发价值且营养丰富的大宗农产品^[1]。中国于2015年启动“马铃薯主粮化”战略, 力争在短期内将马

铃薯发展为继水稻、玉米、小麦之后的第四大粮食作物。预计在2020年50%以上的马铃薯将作为主粮消费^[2]。

CIPC(Chlorpropham)是氯苯胺灵商品通用名的

收稿日期: 2018-02-26

基金项目: 国家现代农业产业技术体系四川薯类创新团队项目(川农业函[2014]91号)。

作者简介: 李昕昀(1992-), 男, 硕士研究生, 主要从事马铃薯贮藏研究。

*通信作者(Corresponding author): 王西瑶, 教授, 主要从事马铃薯贮藏与栽培研究, E-mail: wxyrtl@163.com。

简称, 难溶于水, 溶于醇类、芳香烃等大多数有机溶剂, 有很好的抑芽作用^[3], 在欧洲国家、美国、加拿大、日本、澳大利亚和少数发展中国家的马铃薯贮藏中普遍使用^[4]。电加热熏蒸法是四川农业大学农学院发明的一种药剂施用方法, 可将液体药液通过加热变成气雾状与受体物接触, 广泛应用消毒、病虫害防治、仓储等领域。

为适应不断扩大的马铃薯种植规模, 找到一种新型的可延缓马铃薯块茎萌芽, 维持块茎良好品质的贮藏方法, 简化抑芽处理流程, 降低使用成本, 实现马铃薯的安全贮藏, 四川农业大学农学院自主创新研发出马铃薯控芽剂电加热熏蒸体系。本研究通过电加热熏蒸 CIPC 与传统喷施 CIPC 对马铃薯块茎处理后, 对比二者对块茎萌芽和品质指标的影响差异, 验证电加热熏蒸体系对马铃薯抑芽保鲜效果, 为推广应用控芽剂电加热熏蒸体系提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料与试剂

试验材料: 短休眠期马铃薯品种‘费乌瑞它’; 药剂: 97% 氯苯胺灵原药(四川国光农化)以及还原糖、淀粉、淀粉酶活性等测定需要的药剂。

1.2 仪器与设备

纸箱(0.6 m × 0.6 m × 1.0 m)、马铃薯抑芽剂加热熏蒸装置(四川农业大学马铃薯研发中心提供)、电子台秤、分析天平以及还原糖、淀粉、淀粉酶活性等测定需要的设备。

1.3 试验方法

1.3.1 样品处理

马铃薯于 2017 年 5 月收获后, 选取大小均一、无腐烂、无病虫害的(80~90 mm)作为试验材料, 按每箱 50 个马铃薯装箱, 敞口在 20 ℃、相对湿度 80% 的避光条件下放置 1 周, 进行伤口愈合后, 进行相关试验。

处理前, 将每个组的马铃薯进行称重, 根据其实际重量及处理剂浓度要求称取适量的 CIPC, 并用乙醇溶解, 定容至 40 mL, 装入储液瓶以备熏蒸或喷施。

1.3.2 试验设计

试验共设 2 个处理。处理 1: 加热熏蒸(CIPC 浓度

为 30 mg/kg); 处理 2: 喷雾(CIPC 浓度为 30 mg/kg); 空白对照不做任何处理。在收获后第 30 d, 对马铃薯进行处理, 每个处理重复 3 次。

熏蒸时, 将马铃薯放入纸箱(0.6 m × 0.6 m × 1.0 m), 安好熏蒸装置, 将纸箱封闭, 通电熏蒸, 熏蒸周期为 7 d(每 2 h 熏蒸 13 min, 下同); 喷雾组采用喷壶将配制的溶液在 7 d 内全部喷施于待试马铃薯。处理后, 在温度 20 ℃, 相对湿度 80% 条件下贮藏。

1.3.3 指标测定

马铃薯发芽率的测定: 从贮藏第 30 d 起, 每 10 d 测定 1 次马铃薯的发芽情况, 发芽的标准为薯块萌发出 ≥ 2 mm 以上的芽; 发芽率(%) = (发芽薯块数/总薯块数) × 100, 并在贮藏第 80 d 时从各处理中选择具有代表性的马铃薯进行拍照。

马铃薯重量损耗: 在马铃薯贮藏初期、80 d 测定马铃薯的重量。

失重率(%) = (初始块茎重量 - 贮藏后块茎重量)/初始块茎重量 × 100

干物质含量测定: 从贮藏第 30 d 起, 每 10 d 测定一次马铃薯的干物质含量(切片烘干法)。

马铃薯块茎可溶性糖的测定: 从贮藏第 20 d 起, 采用蒽酮比色法^[5]每 15 d 测定一次马铃薯可溶性糖含量(DW)。

马铃薯块茎淀粉含量测定: 从贮藏第 20 d 起, 采用碘比色法^[6]每 15 d 测定一次马铃薯淀粉含量(DW)。

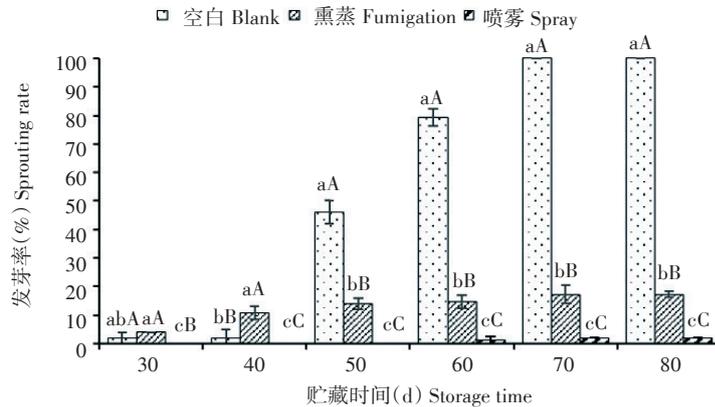
马铃薯块茎淀粉酶活性测定: 从贮藏第 20 d 起, 参照门福义和刘梦芸^[7]的方法每 15 d 测定一次马铃薯 α-淀粉酶活性。

马铃薯休眠的判定: 在贮藏过程中, 马铃薯发芽率在某时刻极显著高于上个测定时刻, 则称该时刻开始, 马铃薯开始解除休眠。

2 结果与分析

2.1 CIPC 对马铃薯发芽率的影响

贮藏过程中, 所有处理组均有薯块萌芽, 空白对照显示, ‘费乌瑞它’在贮藏第 40 d 左右开始解除休眠, 在第 70 d 全部完成休眠; 采用加热熏蒸, 从贮藏后第 40 d 后, 发芽率维持在较低水平并几乎保持不变, 贮藏第 80 d 时, 发芽率为 17.3%, 采用喷雾的抑芽效果最明显, 在 70 d 后, 其发芽率一直保持在 2%



熏蒸表示浓度 30 mg/kg 的 CIPC 加热熏蒸处理；喷雾表示浓度 30 mg/kg 的 CIPC 喷雾处理。同一时间节点处理间标有不同小写字母表示在 $P < 0.05$ 水平差异有统计学意义，大写字母表示在 $P < 0.01$ 水平差异有统计学意义，误差线为标准差，处理平均数多重比较采用 Duncan's 新复极差法。下同。

Fumigation means that CIPC at 30 mg/kg was used to treat potato by heat fumigation; spray means that CIPC at 30 mg/kg was used to treat potato by spray. Treatments with different lowercase letters at the same time indicate that there is a statistically significant difference at $P < 0.05$ and capital letters show statistical significance at $P < 0.01$ between treatments. The error bar is standard deviation. Duncan's multiple range test is used for comparison of mean values. The same below.

图 1 不同处理对马铃薯发芽率的影响

Figure 1 Sprout rate of potato tubers under different treatments



图 2 贮藏第 80 d 时不同处理下马铃薯发芽情况

Figure 2 Sprout of potato tubers under different treatments at 80th day after storage

(图 1)。从图 2 可看出，在贮藏后的第 80 d，空白对照的发芽情况最明显，CIPC 喷雾和熏蒸都造成块茎芽眼萎缩发黑，不再生长。

2.2 CIPC 对马铃薯重量损耗的影响

在贮藏 80 d 时，喷雾 CIPC、熏蒸 CIPC、空白对照组下的马铃薯重量分别减少了 0.05，0.05 和 0.13 kg，重量损耗分别为 2.69%、2.71%、6.80%，喷雾 CIPC 的效果显著大于加热熏蒸 CIPC，空白对照与 2 个处理组均表现极显著差异(表 1)。

2.3 CIPC 对马铃薯干物质含量的影响

所有处理下马铃薯干物质含量随贮藏进行表现出先降低后增高的变化。空白对照组干物质含量由 30 d 的 19.80% 降至 70 d 的 17.07%，在 80 d 时又升至 17.33%。贮藏第 80 d 时，干物质含量相比刚开始贮藏时都有所下降，空白对照下降幅度最大，为 2.47 个百分点，喷雾 CIPC 下降幅度最低，为 1.43 个百分点。在贮藏 80 d 时，空白对照组和其他处理组的干物质含量具有极显著差异(图 3)。

表1 不同处理对马铃薯重量损耗的影响
Table 1 Weight loss of potato tubers under different treatments

处理 Treatment	重量损耗(%) (贮藏80 d) Weight loss (storage 80 d)
空白 Blank	6.80 ± 0.30 aA
熏蒸 Fumigation	2.71 ± 0.15 bB
喷雾 Spray	2.69 ± 0.22 cB

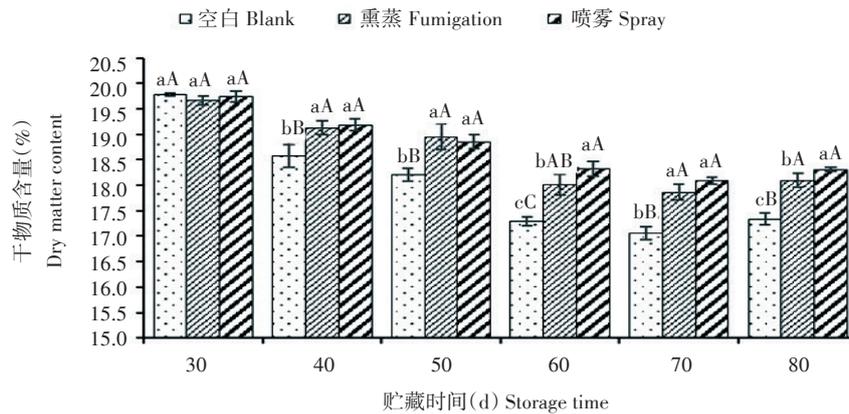


图3 不同处理对贮藏马铃薯干物质含量的影响
Figure 3 Dry matter contents of potato tubers under different treatments

2.4 CIPC对马铃薯贮藏期淀粉含量的影响

在贮藏期间, 各处理组与对照淀粉含量变化趋势大致相同, 均随着贮藏时间的延长而逐渐降低。空白对照淀粉含量(DW)在20, 35, 50, 65和80 d分别为48.34%, 42.26%, 39.50%, 37.98%, 36.89%, 除20 d无显著差异外, 其他时间均极显著低于熏蒸和喷雾处理组。贮藏80 d与贮藏20 d相比, 空白对照、熏蒸CIPC、喷雾CIPC的淀粉含量下降幅度分别为11.48个百分点、8.63个百分点、6.19个百分点, 对照下降幅度最大, 加热熏蒸CIPC次之, 喷雾CIPC下降幅度最低。贮藏80 d时, CIPC喷雾和熏蒸处理与对照均呈极显著差异(图4)。结果表明, 无论是加热熏蒸还是喷雾施用CIPC都可以显著减缓马铃薯块茎中的淀粉分解。

2.5 CIPC对马铃薯贮藏期可溶性糖含量的影响

贮藏期间, 马铃薯可溶性糖含量随时间呈上升的变化趋势。贮藏20 d到80 d, 空白对照组的可溶性糖含量(DW)从3.79%上升至6.17%, 与对照相

比, 抑芽处理组的可溶性糖含量在同一贮藏时间(除20 d)均低于对照, 加热熏蒸和喷雾CIPC均与对照呈极显著差异。贮藏第80 d时, 空白对照、加热熏蒸CIPC和CIPC喷雾的可溶性糖含量分别为6.17%、4.97%和4.30%, 表明加热熏蒸和喷雾CIPC处理均能显著减缓马铃薯贮藏过程中可溶性糖含量的增加(图5)。

2.6 CIPC对马铃薯贮藏期α-淀粉酶活性的影响

酶活性的变化是植物体生理活性变化的具体反映。马铃薯在20和35 d处于休眠状态, α-淀粉酶活性极低, 空白对照组和各处理组酶活力均不超过0.11 U。50 d时对照和处理组酶活力均跃增至最高峰, 对照酶活力为2.81 U, 加热熏蒸处理为1.55 U, 喷雾处理的酶活性为1.31 U, 此后酶活性下降。空白处理的酶活性普遍高于加热熏蒸CIPC和CIPC喷雾处理。在贮藏80 d时, 加热熏蒸CIPC、喷雾CIPC处理与空白对照组差异极显著(图6)。结果表明, 加热熏蒸和喷雾施用CIPC均能降低马铃薯贮藏过程中α-淀粉酶的活性。

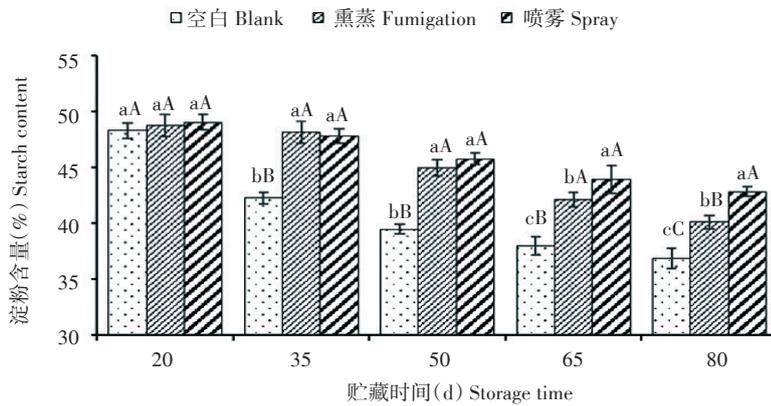


图4 不同处理对贮藏马铃薯淀粉含量的影响

Figure 4 Starch contents of potato tubers under different treatments

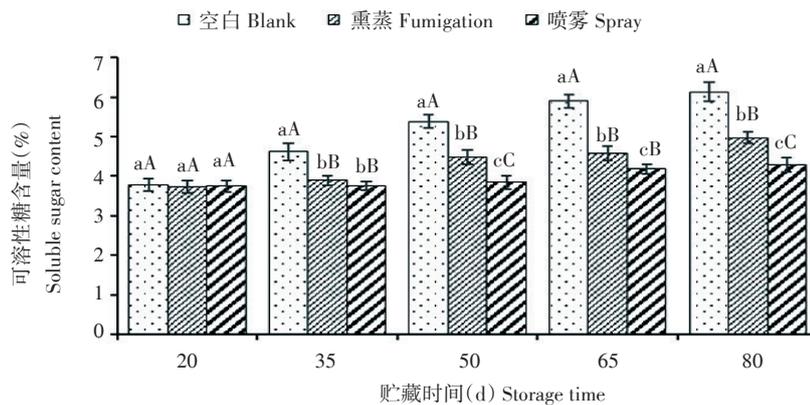


图5 不同处理对贮藏马铃薯可溶性糖含量的影响

Figure 5 Soluble sugar contents of potato tubers under different treatments

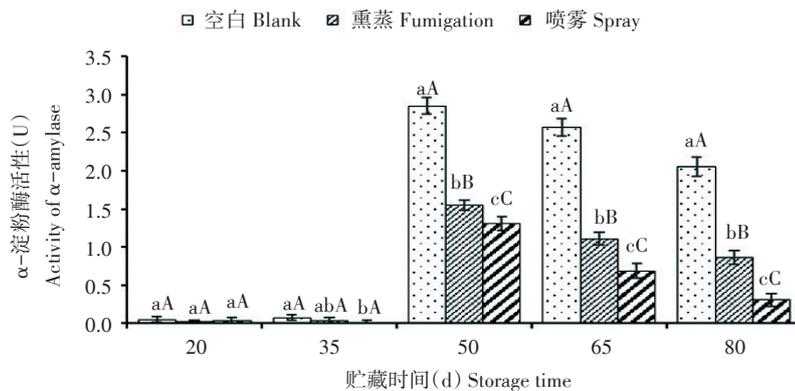


图6 不同处理对马铃薯α-淀粉酶活性的影响

Figure 6 α-amylase activities of potato tubers under different treatments

3 讨论

加热熏蒸CIPC、喷雾CIPC都能一定程度降低

马铃薯的萌芽, 喷雾CIPC效果优于加热熏蒸CIPC。喷雾熏蒸CIPC可将液体CIPC药剂充分喷施在薯块上, 使薯块对药剂的吸收量最大, 因此效果最佳,

而加热熏蒸 CIPC 则是气体药剂作用在薯块上, 气体具有逸散性, 药剂不能完全作用于薯块, 部分药剂损耗, 其效果会低于相同使用量下的喷雾 CIPC, 但这 2 种方式都导致了马铃薯薯块芽眼变黑、萎缩。Campbell 等^[8]发现, CIPC 能改变马铃薯芽眼细胞的微管结构, 阻断细胞分裂增殖, 造成细胞代谢紊乱, CIPC 处理马铃薯可杀死芽眼, 导致薯块不再萌芽。

重量是影响马铃薯价值的重要指标, 贮藏过程中重量损耗越大, 马铃薯价值降低越多, 加热熏蒸 CIPC、喷雾 CIPC 均可减缓马铃薯的重量损耗, 喷雾的效果优于加热熏蒸。干物质含量是衡量马铃薯商品性的重要指标, 本研究中干物质含量随着贮藏时间逐渐降低, 这与张路^[9]结果大致相似, 加热熏蒸 CIPC、喷雾 CIPC 都能有效降低干物质含量的损失, 这是因为 CIPC 降低了块茎的代谢水平, 减少有机物的损耗^[10]。本试验中, 随着贮藏进行, 加热熏蒸 CIPC、喷雾 CIPC 后块茎的淀粉减少速度变缓, 可溶性糖的增加速度减缓, 且 α -淀粉酶活性更低, 这与王彦平等^[11]的研究结果基本一致。造成上述变化的原因可能是抑芽处理后, 芽的生长受到抑制或不生长, 对营养的消耗降低, 块茎中 α -淀粉酶活性降低, 从而减少了淀粉向可溶性糖的代谢, 这也反过来解释了抑芽处理后块茎的重量损耗速度降低, 干物质含量更高的结果。

由此可见, 采用加热熏蒸 CIPC, 喷雾施用 CIPC 都可以抑制马铃薯的萌芽, 降低马铃薯块茎的代谢水平, 一定程度保持马铃薯的各项品质指标, 尽管喷雾施用 CIPC 的效果较好, 但加热熏蒸 CIPC 处理后的多项指标显示二者差异并不十分大, 综合操作性、成本、对马铃薯的机械损伤等因素综合考虑, 认为加热熏蒸比喷雾的优势更加显著, 在实际生产中具有良好的推广潜力。

近年来药剂加热熏蒸施用法研究越来越热, 在医学、植保等领域都有广泛的应用, 如防疫消毒、土壤处理、病虫害防治等。马铃薯贮藏中关键问题是抑芽和保鲜, 即减少马铃薯发芽情况, 降低马铃薯腐烂, 保持马铃薯的品质。过去一般采用喷雾、浸泡等方式对马铃薯进行药剂处理, 但是人工投入巨大, 甚至因为浸泡或搬运造成其他次生损伤, 推广效果不理想。

近年来, 国内外开始尝试马铃薯贮藏药剂的熏蒸施用方法, 如 Owolabi 等^[12]灯芯法施用香芹酮, 美

国阿塞托热雾熏蒸法^[13]等。加热熏蒸具有人工投入小, 施用简单, 气体药剂可更加均匀地作用于马铃薯等优势, 具有良好的应用潜力。本研究创新采用电加热熏蒸的原理, 通过试验证明了加热熏蒸 CIPC 具有良好的抑芽保鲜效果, 为马铃薯安全贮藏提供了新的解决方案。本研究仅在实验室模拟贮藏库的环境下进行并验证了加热熏蒸 CIPC 对马铃薯的抑芽保鲜效果, 但关于不同 CIPC 熏蒸的浓度、熏蒸的时期对马铃薯抑芽保鲜效果的影响仍需要进一步探索。

[参 考 文 献]

- [1] 常志敏. 马铃薯的生长特性、营养价值及加工利用 [J]. 安徽农学通报, 2007, 13(7): 146.
- [2] 聂涛. 马铃薯主粮化战略分析 [J]. 现代农业科技, 2016(6): 302.
- [3] 朱海旺, 霍秀文. 长山药块茎休眠期相关酶活性及内源激素含量变化 [J]. 华北农学报, 2011, 26(2): 198-202.
- [4] 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.
- [5] 熊庆娥. 植物生理学实验教程 [M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2003: 81-83.
- [6] 邹琦. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 89-91.
- [7] 门福义, 刘梦芸. 马铃薯栽培生理 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 323-325.
- [8] Campbell M, Gleichsner A, Alsbury, *et al.* The sprout inhibitors chlorpropham and 1,4-dimethylnaphthalene elicit different transcriptional profiles and do not suppress growth through a prolongation of the dormant state [J]. *Plant Molecular Biology*, 2010, 73(1-2): 181-189.
- [9] 张路. 氯苯胺灵对马铃薯贮藏作用效果及残留研究 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2011.
- [10] 丁映, 张敏, 雷尊国, 等. 化学试剂处理对贮藏后马铃薯品质变化的影响 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37(1): 359-360, 367.
- [11] 王彦平, 蒙美莲, 门福义. 氮肥对马铃薯块茎收获后贮藏期间淀粉、还原糖含量的影响 [J]. 现代农业, 2004(12): 21, 23.
- [12] Owolabi M S, Olowu R A, Lajide L, *et al.* Inhibition of potato tuber sprouting during storage by the controlled release of essential oil using a wick application method [J]. *Industrial Crops and Products*, 2013, 45(1): 83-87.
- [13] 孙开学. 氯苯胺灵 50% 热雾剂储藏抑芽药效试验初报 [J]. 农药科学与管理, 2012, 33(7): 49-51, 48.