



邹聪,陈凤真,王波,等.马铃薯抑芽保鲜的研究进展[J].黑龙江农业科学,2020(8):115-120.

马铃薯抑芽保鲜的研究进展

邹 聪,陈凤真,王 波,赵贵红

(菏泽学院 农业与生物工程学院,山东 菏泽 274000)

摘要:马铃薯是世界上重要的粮食作物,在马铃薯的收获和贮藏过程中可能存在马铃薯发芽的风险,马铃薯发芽给马铃薯相关产业造成经济损失,并增加了食用马铃薯食物的风险。马铃薯发芽抑制和保鲜技术已引起广泛关注。为进一步推动马铃薯相关产业的发展,本文通过总结不同性质的抑芽方法如物理抑芽(低温储藏、气调储藏等)、化学抑芽(CIPC、青鲜素等)、新型抑芽技术,以促进对马铃薯安全、高效的低成本抑芽技术的研究。

关键词:马铃薯;物理抑芽;化学抑芽;新型抑芽技术

马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)是世界上重要的四大粮食作物之一,自 17 世纪传入中国,马铃薯具有单产收获高,营养较全面和能够维持人体的正常生理机能等优点。21 世纪,中国成为世界上最大的马铃薯种植区,马铃薯的种植面积和

总产量达到世界第一^[1]。马铃薯营养物质含量丰富,据相关研究表明马铃薯中水分含量为 76.3%,干物质含量为 23.7%,其中淀粉含量为 9%~20%,脂肪含量为 0.1%~1.1%,蛋白质纤维含量为 1.5%~2.3%,粗纤维含量为 0.6%~0.8%,马铃薯中矿物质与维生素种类全,含量高^[2]。但是,收获后储存 2~3 个月后,马铃薯会发芽并变绿,会降低马铃薯产品的质量,还会导致马铃薯重量减轻并产生有毒物质(例如龙葵碱等),这会对消费者构成严重安全隐患。因此,如何调控马铃薯的发芽的问题,也是马铃薯领域研究的重点。

收稿日期:2020-05-19

基金项目:高等学校国家级大学生创新创业训练计划(201810455004);菏泽学院培育项目(RH-16)。

第一作者:邹聪(1997-),男,在读学士,专业方向为食品科学与工程。E-mail:1598620477@qq.com。

通信作者:陈凤真(1980-),女,博士,副教授,从事植物生理活性物质研究。Email:duoduo12008@163.com。

- [7] 张武,李宝华,李红鹏,等.黑河地区 SCN 种群密度的研究[J].黑龙江农业科学,2012(5):57-61.
- [8] 孙玉秋,许艳丽,潘凤娟,等. SCN 病的识别与综合防治[J].大豆通报,2007(2):21-22.
- [9] 王易.新型生物种衣剂的研究[D].长沙:湖南农业大学,2014.
- [10] 周园园,王媛媛,朱晓峰,等.生物种衣剂 SN101 的研制及其对 SCN 病的防效[J].中国油料作物学报,2014,36(4):513-518.
- [11] 陈井生,宫远福,李海燕,等.生防制剂不力素不同处理方式对 SCN 病及根腐病防效的影响[J].大豆科学,2018,

37(4):643-646.

- [12] Peng D L, Peng H, Wu D Q, et al. First report of soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*) on soybean from Gansu and Ningxia China[J]. Plant Disease, 2016, 100(1): 229.
- [13] 宋美静,朱晓峰,王东,等.中国大豆主产区大豆胞囊线虫群体分布及致病性分化研究[J].大豆科学,2016,35(4):630-636.
- [14] Acharya K, Tande C, Byamukama E. Determination of *Heterodera glycines* virulence phenotypes occurring in South Dakota[J]. Plant Disease, 2016, 100: 2281-2286.

Occurrence Status of Soybean Cyst Nematode in Heihe Area

XIANG Peng

(Heihe Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Heihe 164300, China)

Abstract: In order to promote the control of soybean cyst nematode in Heihe area, this paper summarized the current research on the occurrence regularity, epidemic factor and prevention methods of soybean cyst nematode in Heihe area. The aim is to find out the epidemic law of soybean cyst nematode in Heihe, and put forward comprehensive prevention and control technology to prevent and control its harm. It is very important for improving soybean yield and quality, increasing market share. It is very significant for ensuring the sustained and stable development of soybean production in Heihe.

Keywords: soybean; soybean cyst nematode; dynamic happened; control measures

防止马铃薯发芽的常用方法包括低温贮藏,辐照处理和 CIPC 处理。但是,这些控制措施也具有某些缺点,例如由于低温贮藏的低温导致的低温糖化问题;CIPC 抑芽剂所导致的环境残留和马铃薯表皮残留;辐照技术成本高以及抑芽方法引起发芽不可逆性等,本文对这些抑制技术进行研究概述,为进一步推动马铃薯抑芽技术的研究和相关产业的发展提供一定的发展依据。

1 物理抑制发芽

1.1 低温储藏

生物体在温度低的环境下新陈代谢水平会降低,同时也会降低体内多种生化反应,低温储藏在生活中是使用最多的抑芽方法。一些学者发现,马铃薯在 4℃ 时具有最佳的贮藏效果,而在这个温度下马铃薯的发芽率、失水率、腐烂率都保持在较低水平,同时马铃薯淀粉含量较高,但是还原糖含量在显著增加^[3-4]。马铃薯是一种喜欢低温,高温不易保藏的草本植物块茎,有着明显的生理休眠期,在休眠期中,代谢活动微弱。低温储藏与其他抑芽方式相比并不会影响马铃薯的营养价值,在储藏过程中并不会产生对人体有害的副产物,而且具有操作简单,管理方便的优势;然而在低温过程中,可能发生低温糖化现象。发生糖化的原因是马铃薯的还原糖含量过高,还原糖与游离天冬酰胺发生美拉德反应。这种反应会导致马铃薯产生苦涩味并大大降低加工品质^[5]。有学者研究发现还原糖合成途径中的关键基因酸性转化酶抑制子和酸性转化酶,在低温的环境下,酸性转化酶抑制子等关键基因在样品中的含量随着储藏时间的延长均表现出缓慢持续上升的趋势,而酸性转化酶则表现出持续下降的趋势;低温贮藏通过显著上调蔗糖磷酸合成酶和酸性转化酶的表达水平,将大量淀粉转化分解为果糖和葡萄糖,最终导致低温糖化现象^[6]。

为解决低温糖化现象,常采用耐低温的马铃薯进行生产,建立隔热性强,密闭性良好的储藏库,方便对温度、湿度和储藏库气体浓度的调节,这些因素对马铃薯的品质有着明显的影响,研究表明 CO₂ 的浓度对马铃薯的品质有影响^[7]。在储藏过程中要有新鲜空气流入,防止 CO₂ 的积累。对此我国已经采用智能储藏库来控制 CO₂ 浓度和温度,通过引入 RNN(循环神经网络)的改进型 LSTM(长短期记忆神经网络)对马铃薯储藏周期

进行预测,使系统可以提前对升温与 CO₂ 浓度变化进行有效应对,从而进一步提升马铃薯储藏窖内的马铃薯种薯品质^[8]。利用这种技术将显著提高马铃薯的抑芽率,而自动化监控也将是未来冷库管理的趋势,在我国将受到更多关注。

1.2 辐照技术

根据史萌等^[9]研究发现用 UV-C 处理马铃薯可以延迟马铃薯的发芽,而 UV-C 二次处理对控制马铃薯的发芽效果最好。UV-C 照射处理可以有效控制马铃薯的发芽,延长发芽时间,降低发芽率,并且在储存后,经过 UV-C 处理马铃薯会增加总酚含量及 PAL 酶(苯丙氨酸解氨酶)的活性,降低了还原糖和 α -茄素糖的上升速率,有效控制和调节 GA₃(赤霉素)的含量并加速了总酚的合成。

一些学者还发现,在室温下,用 6 000 ~ 15 000 伦琴辐射马铃薯可以有效抑制马铃薯块茎的生根和发芽^[9-10]。特别是在 6-8 月高温和高湿度下,辐照处理的块茎腐烂率为 8.2%~22.3%;对照组的根和茎生长良好,淀粉损失率高达 63.2%~75.8%,马铃薯外形皱缩、凹陷,腐烂马铃薯的比例为 12.8%~24.6%^[9]。用 ⁶⁰Co- γ 射线处理,15 000 伦琴可以考虑作为抑制马铃薯发芽的最低有效剂量^[10]。但辐射技术投资和建设成本很高,大多数马铃薯都种植在偏远地区,辐照处理要求将马铃薯带到辐射中心进行加工处理,这意味着运输成本已大大增加,马铃薯的生产成本明显远高于购买价格。因此,这种方法尚未在中国得到广泛使用。此外,这种处理方法所带来的结果是不可逆的,处理后的马铃薯不能再用来种植。目前,人们对辐照食品还存在很多的顾虑,如有无放射残余;辐照处理后食物本身会不会产生有毒物质,人食用后会不会对身体产生不利的影响。因此,除了辐射技术广泛应用于马铃薯的食品储藏和控制外,还应该对这种技术进行普及。提高消费者的认知水平,消除消费者的担忧。

1.3 软电子处理

有学者发现用 270-Kev 电子处理马铃薯中的葡萄糖、果糖和蔗糖的含量明显要比低温(5℃)储藏的马铃薯中的葡萄糖、果糖和蔗糖要低,表明软电子处理对延长马铃薯的休眠期具有替代 ⁶⁰Co- γ 射线或化学药剂处理的潜力;此外这种低能量的电子不需要厚厚的安全屏蔽,因为它们的穿透能力很低,从而可以使用价格较低的在线加

工厂。但是实际应用中,需要研制一种在短时间内将整个马铃薯表面均匀地暴露于软电子中的装置^[11]。

1.4 气调储藏

储藏库中的 CO_2 与 O_2 的比值能够抑制马铃薯的发芽。张丙云等^[12] 研究发现当储藏库中 CO_2 的浓度在 1.00% 以下时,可以有效的抑制储藏期间马铃薯还原糖的增加,减缓马铃薯淀粉下降的速度,抑制总酚含量的下降,保持贮藏期间较低的还原糖水平和较高的马铃薯过氧化物酶的活性,同时马铃薯多酚氧化酶的活性受到抑制,从而达到可以延长马铃薯储藏期的目的。朱先波等^[13] 发现向储藏库通入 $5 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ NO 能够显著降低马铃薯的失重率、腐烂率和萌芽率;可溶性固形物和 VC 含量延缓减少;还原糖的形成受到抑制或减少;SOD 酶的活性增加;乙烯释放速率、呼吸速率、淀粉酶活性和马铃薯多酚氧化酶活性均明显降低。因此,用 NO 处理可以达到提高马铃薯贮藏品质和延长贮藏期的目的。通过控制气体的含量和注入新气体来达到抑制和延长马铃薯发芽的效果,且不会对芽生组织造成损伤,能在种薯的存储中应用。

2 化学抑制剂

2.1 氯苯胺灵(CIPC)

美国埃尔夫-阿托公司在 1996 年发明了至今还在使用的“戴科”马铃薯抑芽剂,“戴科”马铃薯抑芽剂中的有效成分为 CIPC,这种抑芽剂被多国广泛应用。马铃薯抑芽剂 CIPC 是一种使用方便,抑芽效果强,毒性低马铃薯抑芽剂。1996 年根据美国 EPA 和 FDA 发布的 CIPC 在马铃薯产品的最大残留量的含量为 $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,根据我国的农药标准,CIPC 属于低毒农药^[14]。研究发现用 CIPC 抑制剂处理马铃薯可以保持马铃薯中淀粉和其他干物质的含量,减少马铃薯中的维生素 C 损失,并抑制还原糖含量的增长。大大抑制马铃薯的代谢活动。贮藏后期,CIPC 处理的马铃薯呼吸速率比未处理的马铃薯呼吸速率要低 20%。CIPC 处理后,IAA(吲哚-3-乙酸)和 GA_3 (赤霉素)这两种激素的增长受到抑制^[15]。CIPC 抑芽剂即使在常温下也能获得较好的抑制作用,所以在普通的仓库或者地窖中实施 CIPC 处理就可以得到较好的抑制效果,在一定时限内能够取代低温储藏,能够节省建立低温冷库和人

工管理的成本。随着经济和社会的发展人们越来越注重食品安全问题,马铃薯中抑芽剂的残余和毒性是人们所关心的重点。李守强^[16] 研究发现使用 CIPC 的马铃薯在去皮过程中就能消除 CIPC 的残留,CIPC 抑芽剂处理后的马铃薯在经过大鼠急性经口毒性试验得到半数致死剂量要大于 $5000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,是低毒类抑芽药剂,通过白色家兔皮肤刺激试验可得出,CIPC 对皮肤没有刺激性。如果 CIPC 抑制剂残留在土壤中,则主要成分氯苯胺灵会迅速分解,不会对土壤环境造成长期损害^[17]。在实际生产中 CIPC 药剂的使用量可以根据所计划的储藏时间来调整,储藏时间短(90 d)可使用 $20 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$,储藏时间长(超过 180 d) $40 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 的药剂浓度是最有效的^[18]。

2.2 外源乙烯

外源乙烯具有很强的生物功能和生物活性,可以控制植物的生长发育过程,对植物果实具有同样重要的生理作用。当外源乙烯含量较高时,它可以增强马铃薯发芽过程中的葡萄糖积累,提高马铃薯中的葡萄糖含量;而外源乙烯浓度较低时,马铃薯中葡萄糖的积累则会受到抑制^[19]。Dai 等^[20] 研究发现 $199.3 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 外源乙烯可以刺激蔗糖合成酶、酸性转化酶和蔗糖磷酸合成酶的活性从而抑制马铃薯的发芽。外源乙烯抑制马铃薯的基本原理是影响碳水化合物的代谢,达到抑制马铃薯发芽的目的。外源乙烯作为抑芽剂已经在一些国家得到了比较广泛的应用,并且获得了较好的抑芽效果。

外源乙烯与其他化学试剂相比,储存过程中无需担心药剂残留的问题。但是,最常用的是乙烯气体,它对马铃薯储罐有很多需求,在存储过程中需要严格的空气调控装置并且价格昂贵,不适用于普通的栽培者。研究表明外源乙烯提高了马铃薯的呼吸强度,增加了褐变度,提高多酚氧化酶和过氧化物酶的活性,促进了鲜切马铃薯的褐变^[21],对于表皮破损的马铃薯需要放置 7~14 d,再进行外源乙烯抑芽处理。另外,研究发现用外源乙烯抑制马铃薯的发芽会导致马铃薯加工质量变差,处理后的马铃薯与不处理的马铃薯相比油炸过后颜色更深一些^[22]。采用 1-MCP(1-甲基环丙烯)配合外源乙烯混合处理,它调节马铃薯中原糖的含量,从而影响油炸马铃薯中丙烯酰胺的产生,减轻油炸后的马铃薯的颜色,提高加工质量。

2.3 马来酰肼

马来酰肼又称抑芽丹、青鲜素等,是具有多种调节植物生长功能的调节剂,可应用于蔬菜和水果的储藏保鲜。研究表明青鲜素对马铃薯块茎贮藏过程中的发芽和总失重有明显的抑制作用,但对于未发芽的马铃薯块茎无明显作用^[23]。关于药物处理后的残余和毒性,我国并没有制定相关青鲜素在马铃薯中的最高残留限量(MRL),但是在CAC、美国及欧盟明确规定了青鲜素在马铃薯中的最高残留限量为 $50\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ^[24]。在实际发芽抑制过程中推荐使用 30.2% 青鲜素水剂,这样马铃薯上使用安全间隔期为 7 d ^[25]。

2.4 α -萘乙酸甲酯

用 α -萘乙酸酯处理过的马铃薯能够达到一定的保鲜度和抑芽效果,处理后的马铃薯在储存过程中各种营养素的消耗减少。为保证马铃薯的品质,可采用 $40\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的药剂处理以更好地抑制马铃薯的各种营养物质的消耗。 α -萘乙酸甲酯处理可有效抑制马铃薯的发芽并减少养分消耗;抑制发芽效果最好的为 $80\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的抑芽剂处理,但是如果抑芽剂的浓度过大,反而会加速马铃薯的衰老,更容易腐烂和恶化^[26]。汪河伟等^[27]发现马铃薯储藏初期残留 $0.03\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,残余量低,后期储藏过程中均未检出 α -萘乙酸甲酯残余。由于其具有高效、低毒、不易残留等特点,可作为一种优良的抑芽剂运用到生产中。

2.5 其他化学抑芽剂

还有一些不太常用的化学抑芽剂,刁小琴等^[28]研究发现采用常温的饱和碘蒸汽处理刚萌芽的马铃薯,可以抑制马铃薯发芽,减缓相对电导率和呼吸速率的升高,使马铃薯中多酚氧化酶(PPO)、过氧化物酶(POD)以及的苯丙氨酸解氨酶(PAL)的活性降低,通过这种处理方法还可以有效保持干物质含量以及马铃薯的硬度,提高马铃薯的储藏品质。Steven等^[29]研究发现低浓度的芳香族化合物(苯甲醛、肉桂醛、茴香醛和百里香酚等)作为挥发物或直接作为乳剂,能够抑制马铃薯块茎的发芽,芳香族化合物在不稀释的情况下可以抑制发芽,但会破坏马铃薯块茎,故不能用作种薯的存储。有报道称喷洒萘乙酸甲酯(或萘乙酸乙酯)溶液或粉剂^[30]或者 $250\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 噻菌酯悬浮剂^[31],可以有效地抑制马铃薯的发芽。用这种方法处理过的马铃薯可以长期保存并保持新鲜。

3 新型抑芽技术

3.1 香芹酮

香芹酮又名留兰香油,是一种挥发性的天然单萜类物质,可以通过微波辅助从天然植物留兰香茎和叶的精油中提取^[32]。国外针对香芹酮抑芽能力进行了大量的研究,研究发现香芹酮对马铃薯具有很好的抑制作用。Oosterhaven等^[33]研究发现在香芹酮在马铃薯眼片芽生长模型体系中抑制芽的生长。处理后芽组织不发生坏死,因为抑制作用是可逆的,所以处理后芽有继续生长或分枝生长的趋势,故可以应用于种薯;使用 $250\text{ }\mu\text{L}$ 香芹酮处理马铃薯对芽生长有较强的抑制作用,而其他浓度的抑制作用较小。香芹酮具有良好的抗真菌活性,Klaasje等^[34]发现在使用香芹酮抑制马铃薯发芽期间能够有效的抑制贮藏病害硫酸镰刀菌。香芹酮是一种天然的马铃薯抑芽剂,已经在国外很多国家得到了具体的应用,荷兰还成立一家专门的香芹酮马铃薯抑制剂公司(Talent)。香芹酮处理不会对马铃薯田间特性、发芽率、产量和种植产生不利的影响^[35]。在实际应用过程中还应该要进一步考虑降低使用成本和作用于不同马铃薯种类的问题。

3.2 紫茎泽兰

紫茎泽兰是一种外来入侵的草本植物,研究发现紫茎泽兰能够有效延长马铃薯的储藏时间。紫茎泽兰能够配合其他化学抑芽剂,起到较好的抑芽作用;紫茎泽兰单独处理能不同程度地延长种薯的贮藏期,减小重量损失,抑制种薯的芽长,并且呼吸速率、酶活性、可溶性糖、淀粉酶活性和细胞活性在处理后就发生了变化,紫茎泽兰质量比越高,抑制作用越明显^[36]。研究发现了紫茎泽兰的有效抑制发芽成分为绿原酸(5-咖啡酰奎尼酸),通过一定浓度的绿原酸、咖啡酸处理可以有效抑制马铃薯的发芽,减少水分和干物质的损失,延长马铃薯的品质降低的时间^[37]。但随着绿原酸和咖啡酸浓度的上升,马铃薯的发芽率和失重率降低,并且浓度 $4.0\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的绿原酸和咖啡酸浓度对发芽的抑制作用最高^[38];紫茎泽兰对马铃薯具有特定的化感作用,导致马铃薯植株或块茎的发芽率降低,发芽时间延长。紫茎泽兰能够在一定的时限内对马铃薯块茎发芽起到抑制作用,这种方式能够有效缓解环境压力,同时能够为紫茎泽兰寻找一条新的利用方式,应用在马铃薯储藏中,将紫茎泽兰加工成抑制剂,可以形成新的经济效益^[39]。

3.3 臭椿提取物

刘忠德^[40]研究发现通过提取臭椿表皮,可以从中获得能够使马铃薯腋芽的生长和发芽在储藏期间受到抑制的提取液,随着浓度的增加,发芽率明显受到了抑制,随着时间的延长,发芽率呈上升趋势;在处理 15 d 后,抑芽率最高可达 78.35%,有希望成为一种新型绿色抑芽剂,但其提取和加工技术有待研究。

3.4 植物精油处理

涂勇等^[41]对 3 种精油(薄荷精油、百里香精、油肉桂精油)进行了研究,在自然通风储藏的条件下发现 3 种精油对马铃薯发芽均有明显抑制效果,其中薄荷精油的效果最佳其失重率、腐烂率、发芽率、发芽指数和可溶性固形物含量依次为 9.1%、2.1%、25.2%、10.6% 和 5.58%,与常规使用 CPIC 处理的效果相当。David 等^[42]分析精油处理马铃薯后的质量参数,发现如水分含量和总可溶性固形物,并不受精油处理的影响;感官分析表明,香精油处理后的马铃薯与未处理的马铃薯在外观和口感上并没有太大差异。Jia 等^[43]利用香茅精油熏蒸对马铃薯块茎进行抑芽处理,香茅精油熏蒸剂处理可抑制马铃薯块茎的萌发,延长马铃薯的休眠期,可在 10℃ 下贮藏 60 d,不发芽。香茅精油熏蒸剂处理还可以减少马铃薯块茎在贮藏期间的质量损失、淀粉分解和还原糖的积累,并通过调节赤霉素的含量,降低了马铃薯块茎中 α -茄氨酸的含量。双相香茅精油熏蒸剂处理比单相香茅精油熏蒸剂处理更有效^[44]。植物精油处理虽然会提高储藏成本,不适合应用于商业,但植物精油为天然的绿色抑芽剂,有着纯天然、无污染、绿色、无残留和抑芽效果明显等特点,符合现代绿色食品理念,大规模生产和精确控制植物精油处理可以降低成本。植物精油在保持马铃薯块茎贮藏品质方面具有很大的潜力。

4 结语

首先,在马铃薯保存过程中,抑制马铃薯发芽是保证马铃薯生产质量和产品加工原料质量的核心。氯苯胺灵、青鲜素、 α -萘乙酸甲酯等一系列较为常用的马铃薯抑芽剂,具有操作简便、药剂便宜、抑制效果拔尖等明显优势。但是种植者专业技术有限、储藏方法的不同以及有些药物造成的不可逆的抑芽效果等因素,使得马铃薯化学抑芽剂有了一定的限制性和安全隐患。国内外许多学者研究了很多更实用、更安全的环保剂,但由于成本高、技术不成熟等原因,无法实践到实际生活

中来,因此开发出安全、高效、低成本的马铃薯抑芽剂并进一步推广是研究的重中之重。

其次,在目前的研究中,只有单一的发芽限制成分,而且其中大部分主要用于研究马铃薯的抑芽作用,另一部分主要用于研究马铃薯种薯可逆性的抑芽方法。马铃薯的发芽是由多种复杂的生理代谢组成,而生物代谢过程中的每个代谢途径可能不同。每种抑芽剂能影响马铃薯的新陈代谢和发芽的方面不同。结合各种发芽抑制剂的优点,研究开发不同抑芽剂之间的混合处理具有重要意义。此外,加强对马铃薯发芽抑制控制系统的研究,对于新型发芽抑制剂的开发、安全性评估和有效性评价具有参考性意义和理论性价值。

参考文献:

- [1] 赵祉强,李晓龙. 浅议马铃薯的营养价值与功效[J]. 中国果菜, 2019, 39(1): 45-47.
- [2] 陈果. 贮藏温度对马铃薯品质和采后生理的影响[J]. 江西农业, 2019(6): 51.
- [3] 宋丽花,姜启双. 食用马铃薯的储藏方法[J]. 科学种养, 2008(6): 55.
- [4] 金成. 油炸马铃薯制品高丙烯酰胺暴露的成因及危害物综合防控[D]. 杭州: 浙江大学, 2015.
- [5] 解雅晶. 马铃薯低温糖化及其机理研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2018.
- [6] 赵贵彬. 二氧化碳对马铃薯块茎呼吸代谢的影响[J]. 国外农学-杂粮作物, 1982(2): 51.
- [7] 赵如金,张志成. 马铃薯储藏监控与预测系统[J]. 广西农业机械, 2019(5): 82.
- [8] 史萌,许立兴,林琼,等. UV-C 处理抑制马铃薯贮藏期发芽及相关机理研究[J]. 食品工业科技, 2019, 40(13): 242-247, 252.
- [9] 卫武均,陈碧华. ⁶⁰Co- γ 射线辐照贮藏马铃薯效果试验初报[J]. 甘肃农业科技, 1986(7): 31-33.
- [10] 刘毓谷,周温珍. 放射能照射抑制马铃薯发芽变质的效果及维生素 C 含量的变化[J]. 武汉医学院学报, 1963(2): 41-43.
- [11] Todoriki S, Hayashi T. Sprout inhibition of potatoes with soft-electron (low-energy electron beams) [J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2004, 84(15): 2010-2014.
- [12] 张丙云,秦跃龙,田世龙,等. 不同浓度 CO₂ 对贮藏期间马铃薯生理品质的影响[J]. 食品工业科技, 2014, 35(17): 325-328.
- [13] 朱先波,任小林,刘砚璞. NO 处理对马铃薯保鲜的影响[J]. 西北农业学报, 2009, 18(2): 237-240, 245.
- [14] 金芬,邵华,杨锚,王静. 国内外几种主要植物生长调节剂残留限量标准比较分析[J]. 农业质量标准, 2007(6): 26-27.
- [15] 程建新. CIPC 对马铃薯块茎的抑芽效果及部分机理的研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2012.
- [16] 李守强. 储藏马铃薯的好帮手——马铃薯抑芽剂[J]. 农产品加工, 2009(10): 30-31.

- [17] 李守强. 抑芽剂 CIPC 在土壤和水中的残留降解动态[C]//中国作物学会马铃薯专业委员会. 马铃薯产业与科技扶贫(2011). 中国作物学会马铃薯专业委员会: 中国作物学会, 2011: 261-265.
- [18] 谭宗九, 王福合. 马铃薯抑芽剂的效果及其使用方法[J]. 农业科技通讯, 1995(6): 18.
- [19] 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.
- [20] Dai H F, Fu M R, Yang X Y, et al. Ethylene inhibited sprouting of potato tubers by influencing the carbohydrate metabolism pathway[J]. Journal of Food Science and Technology, 2016, 53(8): 3166-3174.
- [21] 代红飞, 李具鹏, 周新建, 等. 外源乙烯和 1-MCP 预处理对鲜切马铃薯褐变的影响[J]. 食品工业科技, 2016, 37(14): 329-333, 349.
- [22] Daniels—Lake B J, Prange R K, Nowak J, et al. Sprout development and processing quality changes in potato tubers stored under ethylene: 1. Effects of ethylene concentration[J]. American Journal of Potato Research, 2005, 82(5): 389-397.
- [23] Are L, Isleib D R. The influence of foliar sprays of maleic hydrazide on the respiration of stored potato tubers[J]. Journal of Horticultural Science, 1965, 40(1): 13-20.
- [24] 穆益. 多功能植物生长调节剂——青鲜素[J]. 农业科学实验, 1987(8): 34.
- [25] 宋国春, 于建垒, 李瑞娟, 等. 抑芽丹在马铃薯和土壤中的残留动态及安全性评价[J]. 山西农业科学, 2014, 42(5): 482-485.
- [26] 范芳, 刘家伟. α -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.
- [27] 汪河伟, 贺永健, 刘焕, 等. α -萘乙酸甲酯对马铃薯贮藏期营养品质的影响及残留动态研究[J]. 食品工业科技, 2018, 39(9): 272-277.
- [28] 刁小琴, 关海宁, 魏雅冬. 碘蒸气处理对马铃薯发芽的抑制及生理指标的影响[J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(10): 142-145.
- [29] Vaughn S F, Spencer G F. Naturally—occurring aromatic compounds inhibit potato tuber sprouting[J]. American Potato Journal, 1993, 70(7): 527-533.
- [30] 药物巧贮马铃薯[J]. 吉林农业, 2002(7): 34.
- [31] 文家富, 王满强, 张顺京, 等. 3 种药剂浸种对马铃薯块茎发芽和生根的影响[J]. 陕西农业科学, 2016, 62(4): 9-11.
- [32] 仇凡, 火跃芳, 蒋立英, 等. 微波辅助提取留兰香中挥发油工艺优化研究[J]. 亚太传统医药, 2013, 9(12): 60-61.
- [33] Osterhaven K, Hartmans K J, Scheffer J J C. Inhibition of potato sprout growth by carvone enantiomers and their bioconversion in sprouts[J]. Potato Research, 1995, 38(2): 219-230.
- [34] 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 & Products, 1995, 4(1): 3-13.
- [35] 郑庆伟. 香芹酮对马铃薯微型薯具有发芽调控和抑制腐烂的保鲜作用[J]. 农药市场信息, 2019(16): 52.
- [36] 廖兴举. 紫茎泽兰主效抑芽活性物质的提取、分离及结构鉴定[D]. 雅安: 四川农业大学, 2013.
- [37] 詹君. 紫茎泽兰延长马铃薯贮藏期的效应及有效成分分离[D]. 雅安: 四川农业大学, 2011.
- [38] 谢全喜, 张建梅, 张文. 入侵物种紫茎泽兰研究进展[J]. 畜牧与饲料科学, 2013, 34(9): 85-89.
- [39] 尹高龙. 绿原酸和咖啡酸马铃薯块茎贮藏及播后生长的影响[D]. 雅安: 四川农业大学, 2015.
- [40] 刘忠德. 臭椿提取物在马铃薯储藏期间抑芽效果研究[J]. 北方园艺, 2009(9): 204-205.
- [41] 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.
- [42] David Gómez-Castillo, Cruz E, Iguaz A, et al. Effects of essential oils on sprout suppression and quality of potato cultivars[J]. Postharvest Biology & Technology, 2013, 82: 15-21.
- [43] Jia B, Xu L X, Guan W J, et al. Effect of citronella essential oil fumigation on sprout suppression and quality of potato tubers during storage[J]. Food Chemistry, 2019, 284: 254-258.
- [44] 张轲. 植物精油生物活性及其保鲜剂的研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2011.

Research Progress of Potato Sprout Suppression

ZOU Cong, CHEN Feng-zhen, WANG Bo, ZHAO Gui-hong

(College of Agricultural and Biological Engineering, Heze University, Heze 274000, China)

Abstract: Potatoes are an important food crop in the world. There may be a risk of potato germination during potato harvesting and storage. Potato germination causes economic losses to the potato-related industry and increases the risk of eating potato food. Potato germination suppression and preservation technology has attracted wide attention. In order to further promote the development of potato related industries, this paper summarized the methods of bud suppression for different properties, such as physical bud suppression (low temperature storage, modified atmosphere storage, etc.), chemical bud suppression (CIPC, MALEIC HYDRAZIDE, etc.), and new bud suppression techniques, to promote the research on safe and efficient low-cost bud inhibition technology of potato.

Keywords: potato; physical bud suppression; chemical bud suppression; new bud suppression technology