

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2019)03-0184-05

综 述

马铃薯抑芽药剂研究进展

吴明阳*, 李万明, 丁大杰, 范香全, 赵罗琼, 黄娟, 邓力, 何艺璇
(达州市农业科学研究院, 四川 达州 635000)

摘要: 马铃薯贮藏过程中使用抑芽药剂抑制马铃薯发芽是马铃薯产业中的重要问题。常用的抑芽药剂有氯苯胺灵、青鲜素(抑芽丹)、 α -萘乙酸甲酯, 其抑芽效果好, 在生产中被广泛使用, 但存在不适用于种薯、具有安全隐患等负面影响。近年来在抑芽药剂研究方面取得了较大进展, 乙烯、香芹酮等新型抑芽药剂不断涌现, 不仅抑芽效果好, 且安全无毒, 但由于成本高、技术不成熟等原因未被广泛应用。从马铃薯抑芽药剂研究及应用现状来看, 应加强对马铃薯抑芽调控机制的研究, 研发安全、高效、低成本的抑芽药剂以及复合型配方药剂。

关键词: 马铃薯; 抑芽; 贮藏

Research Progress of Potato Sprout Growth Inhibitor

WU Mingyang*, LI Wanming, DING Dajie, FAN Xiangquan,

ZHAO Luoqiong, HUANG Juan, DENG Li, HE Yixuan
(Dazhou Academy of Agricultural Sciences, Dazhou, Sichuan 635000, China)

Abstract: Using sprout growth inhibitor in the storage process of potato is one of the most important questions of the potato industry. Commonly used sprout growth inhibitors include chlorpropham, maleic hydrazide, and methyl ester of alpha-naphthylacetic acid. They have good sprout inhibition effect and widely used in production, but they have negative effects, such as unsuitable for potato seeds and the safety risk. In recent years, the progress has been made on sprout growth inhibitor. New sprout growth inhibitors, such as ethylene and carvone, are popping up, not only having good sprout inhibition effect, but also being safe and non-toxic. But high cost and undeveloped technology result in not being widely used. On the basis of research and application status of sprout growth inhibitor, further researches on the mechanism, efficient low-cost safe inhibitor and mixed inhibitor are needed.

Key Words: potato; sprout growth inhibitor; storage

近年来, 中国马铃薯产业迅猛发展, 并被各级政府高度重视。2006年农业部发布了《关于加快马铃薯产业发展的意见》, 2008年将马铃薯纳入《全国优势农产品区域布局规划》, 2016年2月发布了《关于推进马铃薯产业开发的指导意见》, 文件决定将马铃薯作为主粮进行产业化开发, 同时“力争到2020年马铃薯种植面积扩大到1亿亩以上”。

贮藏是马铃薯产业发展中的关键问题之一。贮藏过程中, 马铃薯块茎提早发芽, 对于马铃薯的栽培和加工均会产生较大影响。从马铃薯贮藏特点来看, 很多马铃薯品种贮藏休眠期短于上一茬收获到下一茬种植的时间间隔, 使得种薯在贮藏期间过早的发芽, 导致种用价值受到严重影响, 也为运输带来很多不便。从马铃薯加工特性来看,

收稿日期: 2018-05-09

基金项目: 十三五攻关四川省公益性育种研究专项项目(2016NYZ0032)。

作者简介: 吴明阳(1987-), 女, 硕士, 农艺师, 主要从事马铃薯栽培育种与贮藏技术研究。

*通信作者(Corresponding author): 吴明阳, E-mail: 514123859@qq.com。

发芽时马铃薯生理代谢过程发生改变, 大量消耗块茎中的水分、养分, 导致严重的品质劣变, 并且会产生龙葵素等有毒物质, 以至丧失应用价值。因此, 在马铃薯贮藏过程中使用抑芽药剂抑制马铃薯发芽、延长贮藏时间, 对于马铃薯栽培、马铃薯加工都有极其重要的作用。

1 市场化的抑芽药剂

目前, 生产上常用的抑芽药剂有氯苯胺灵、青鲜素(抑芽丹)、 α -萘乙酸甲酯。其中, 氯苯胺灵、青鲜素已被批准登记使用在马铃薯上, 并且对其使用方法及限量做出了明确规定(表1)^[1]。

1.1 氯苯胺灵

氯苯胺灵(Chlorpropham, 简称CIPC), 化学名为3-氯苯基氨基甲酸异丙酯, 是一种高效的马铃薯抑芽药剂^[2-5]。欧美地区对CIPC的研究较早, 大量研究表明CIPC能够有效抑制马铃薯发芽, 并能保持其品质和营养^[6-10]。以CIPC为主效成分的抑芽剂在欧洲国家、美国、加拿大、澳大利亚等的马铃薯贮藏中普遍使用, 其抑芽效果也得到了马铃薯贮藏市场上的检验。20世纪末中国引进了此类马铃薯抑芽剂^[11], 进行了用量、剂型、施用方法、作用机制等大量研究, 并逐渐应用在生产中。

表1 在马铃薯上已登记的抑芽药剂及限量标准

Table 1 Registered potato sprout growth inhibitors and their limited standards

项目 Item	使用目的 Purpose	使用方法 Method	备注 Remark	限量标准(mg/kg) Standard
氯苯胺灵 Chlorpropham	抑制出芽	撒施或热雾	收获14 d后使用	30
青鲜素(抑芽丹) Maleic hydrazide	控制腋芽生长	喷雾	无	50

CIPC的抑芽效果十分显著, 常温贮藏抑芽率在85%以上, 低温贮藏接近100%^[12,13], 经CIPC处理的马铃薯不发芽, 或者芽萌发后停止生长并干枯死亡^[3,14]。CIPC的施用方法有熏蒸、喷雾、洗薯、粉施, 每1 000 kg马铃薯用量为12.5~20 g CIPC^[15]。陈亿兵等^[16]对CIPC用量进行研究, 表明1 000 kg马铃薯撒施2.5%氯苯胺灵粉剂最为适宜。孙开学^[17]对CIPC剂型进行研究, 表明氯苯胺灵50%热雾剂在用量30~40 mg/kg对马铃薯抑芽有较好作用, 且对马铃薯品质无不良影响。钟蕾等^[18,19]对CIPC处理后马铃薯的生理变化进行研究, 表明CIPC处理后块茎的生理活性处于较低状态, 淀粉、蛋白质等营养物质含量稳定, CIPC可能通过降低马铃薯多酚氧化酶活性抑制发芽。刘芳等^[20]对CIPC处理后马铃薯品质进行研究, 表明CIPC用量为0.3 g/kg时马铃薯营养成分中的维生素C含量增加15.5%, 可溶性固形物增加31.0%, 良好地保持了马铃薯的贮藏品质, 减少了营养成分的损失。唐世明和曹君迈^[21]研究表明, CIPC导致马铃

薯代谢平衡被打破, 淀粉结构改变及呼吸作用被抑制, 导致马铃薯糖含量升高、膜稳定指数降低。张欣等^[22]研究表明, CIPC主要作用在芽眼, 通过影响芽眼部位的内源代谢抑制发芽。李守强等^[23]研究表明, CIPC主要残留在薯皮中, 并且受马铃薯烹调方式和贮藏时药剂施用方式的影响。

1.2 青鲜素

青鲜素(Maleic hydrazide, 简称MH), 又名马来酰肼、抑芽丹, 化学名为顺丁烯二酸酰肼, 是一种植物生长抑制剂。青鲜素可通过叶面角质层和根部吸收进入植物体内, 传导到植物生长活跃部位, 影响植物的光合作用和细胞分裂, 从而抑制植物芽的生长^[24]。青鲜素被广泛应用于农作物及园艺植物的生长调节, 对于马铃薯可控制其发芽, 延长贮藏期, 是一种高效的马铃薯抑芽药剂。

赵双等^[25]研究表明, 用0.25%~0.30%的青鲜素溶液喷施田间生长的马铃薯叶片能抑制采后马铃薯的发芽, 延长马铃薯休眠期2个月。王迪轩和胡为^[26]研究表明, 收获前2~4周用0.2%青鲜素溶液喷

施叶片, 可抑制采后马铃薯的发芽。杨昕臻等^[27]认为, 应该在马铃薯薯块膨大期喷洒青鲜素溶液, 并且遇到降雨应补喷。宋国春等^[28]研究了青鲜素在马铃薯应用上的安全性, 表明青鲜素喷施马铃薯植株的安全间隔期为7 d, 其在马铃薯植株及土壤中消解速度较快。裴明黎^[29]研究了青鲜素对马铃薯品质及安全性的影响, 表明青鲜素在抑制发芽的同时能安全、有效降低马铃薯的腐烂率。

1.3 α -萘乙酸甲酯

α -萘乙酸甲酯(Methyl ester of alpha-naphthylacetic acid, 简称MENA), 是一种在农业上广泛应用的生长素类植物激素。20世纪50年代国外学者进行了大量的合成与应用研究, 并且实行了大规模的工业生产^[30]。中国将 α -萘乙酸甲酯用作马铃薯抑芽药剂源于20世纪80年代, 并在此时期进行了大量的研究与应用, 据文献报道, 在中国5 000 kg马铃薯需用 α -萘乙酸甲酯100~150 g^[31]。

近年来, 中国对 α -萘乙酸甲酯的研究较多的集中在安全性评价以及对贮藏品质的影响等方面。裴明黎^[29]研究了 α -萘乙酸甲酯对马铃薯品质及安全性的影响, 表明 α -萘乙酸甲酯在抑制发芽的同时能安全、有效地减少马铃薯水分损失, 保持其商品价值。范芳和刘家伟^[32]研究表明, 对马铃薯抑芽效果最好的 α -萘乙酸甲酯浓度为40 mg/kg, 并且在该浓度下能维持较稳定的淀粉含量、维生素含量和蛋白质含量。

1.4 常用抑芽药剂的负面影响

氯苯胺灵、青鲜素(抑芽丹)、 α -萘乙酸甲酯抑芽效果良好, 在马铃薯贮藏产业中广泛应用, 然而, 在长期的生产应用中却表现出一定的局限性。如Frazier和Olsen^[33]研究表明, CIPC用于种薯抑芽不但影响产量而且还会影响薯形, CIPC不适宜用于种薯抑芽。有文献报道^[25], 氯苯胺灵、青鲜素(抑芽丹)、 α -萘乙酸甲酯3种药剂存在一定的安全隐患。

2 新型马铃薯抑芽药剂

近年来, 随着对绿色农业的重视不断加强, 越来越多的学者致力于研究安全无毒、适用性广的抑芽药剂。目前, 国内外学者研究发现了大量

对马铃薯具有抑芽效果的新型化学药剂。其中, 研究较为成熟的主要有乙烯、香芹酮。

2.1 乙烯

国内外大量学者如赵双^[15]、代红飞^[34]、Külen等^[35]研究表明, 外源乙烯对马铃薯抑芽具有较好效果, 且不会对马铃薯造成不可逆的损伤。外源乙烯通过影响贮藏期间马铃薯块茎糖代谢途径中酸性转化酶、蔗糖合酶、蔗糖磷酸合成酶等多种酶的活性影响块茎的生长发育进程, 从而影响马铃薯的休眠与发芽^[34]。通常情况下, 外源乙烯浓度越大, 抑芽效果越好, 4 μ L的浓度下对部分特定马铃薯品种具有经济有效的抑芽效果, 400 μ L的浓度下具有较好的抑芽效果^[15]。

2.2 香芹酮

葛霞等^[36]、崔莎^[37]、Oosterhaven^[38]和Karanisa等^[39]研究表明, 香芹酮作为天然的马铃薯抑芽药剂不仅能运用于商品薯, 也能适用于种薯, 具有广阔的市场开发前景。香芹酮通过抑制类异戊二烯代谢途径中的限速酶3-羟甲基戊二酰辅酶A还原酶的活性影响马铃薯芽的生长。由于香芹酮具有挥发性, 因此常用熏蒸的方法处理贮藏中的马铃薯块茎。研究表明, 极低浓度的香芹酮处理马铃薯即可取得较好的抑芽作用。

2.3 其他新型抑芽药剂

近年来, 研究人员不断发现各类新型抑芽药剂, 研发新的马铃薯抑芽配方, 发明了马铃薯种薯的贮藏方法^[40,41], 指出1~16 mg/L烯效唑^[42]、紫茎泽兰干粉或紫茎泽兰提取物^[43]、香料混合物(川楝子、八角、茴香)^[44]可作为抑芽药剂用于马铃薯种薯贮藏。陈彦云等^[45]、李守强等^[46]通过试验对比, 自主研发出新的马铃薯抑芽配方, 具有较好的抑芽效果。此外, 一些萘的衍生物(如二甲基萘、二异丙基萘)、醇类化合物(如薄荷醇、香叶醇、橙花醇、壬醇、戊醇)、酯类化合物(如油菜素内酯、茉莉酮酸甲酯)、醛类化合物(如肉桂醛、乙醛)、天然植物提取物(如臭椿提取物、大蒜精油)也对马铃薯芽的生长有一定的抑制作用^[25, 27, 47-49]。

3 展望

马铃薯抑芽是马铃薯贮藏中保证种薯生产质

量和产品加工原料、食用质量的关键技术,生产上常用的抑芽药剂氯苯胺灵、青鲜素、 α -萘乙酸甲酯因其具有使用效果好、成本低、操作方便等优点而被广泛使用。但由于农民专业知识的缺乏、单户贮藏掌握技术差异以及药品本身不适用于种薯等因素使用上有一定的局限性,并且存在安全隐患,国内外大量学者对适用性更广、更安全环保的抑芽药剂进行了大量研究,但由于成本高、技术不成熟等原因最终未被市场化。因此,研发安全、高效、低成本的马铃薯药剂并进一步推广应用十分必要。

其次,目前研究的抑芽药剂成分单一,大多以研究某一种药剂对马铃薯的抑芽作用为主。而马铃薯发芽的过程是一个十分复杂的生命新陈代谢过程,每一种不同的抑芽药剂都能从各个不同的方面影响马铃薯的新陈代谢从而影响发芽,因此,结合各类抑芽药剂的优势,发挥不同抑芽药剂的作用,研发复合型配方抑芽药剂具有重要意义。另外,加强马铃薯抑芽调控机制的研究,有助于为新型抑芽药剂的开发、效果评价、安全性评价提供理论依据。

[参 考 文 献]

- [1] 姜楠, 韦迪哲, 王瑶, 等. 植物生长调节剂在马铃薯上的应用及其限量标准研究进展 [J]. 农产品质量与安全, 2017(1): 39-43.
- [2] 田世龙, 李守强, 李梅, 等. 马铃薯抑芽剂研发 [J]. 农业工程技术: 农产品加工业, 2008(10): 30-31.
- [3] 李树莲, 孙茂林, 李先平, 等. 马铃薯抑芽剂戴科 (DEECO) 的效果评价 [J]. 云南农业科技, 2003, 17(6): 77-79.
- [4] 王鹏, 连勇. 马铃薯块茎休眠与发芽调控研究进展 [C]//屈冬玉, 陈伊里. 面向 21 世纪的中国马铃薯产业. 哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 2000.
- [5] 谢开云, 屈冬玉, 金黎平, 等. 中国马铃薯与世界先进国家的比较 [J]. 世界农业, 2008(5): 35-41.
- [6] Nylund R E, Ayres L C. Sprout inhibition of table stock potatoes with CIPC-treated paper bags [J]. American Potato Journal, 1964, 41(11): 341-348.
- [7] Kim M S L, Ewing E E, Sieczka J B. Effects of chlorpropham (CIPC) on sprouting of individual potato eyes and on plant emergence [J]. American Potato Journal, 1972, 49(11): 420-431.
- [8] Coleman W K, Lonergan G, Silk P. Potato sprout growth suppression by menthone and neomenthol, volatile oil components of *Minthostachys*, *Satureja*, *Bystropogon*, and *Mentha* species [J]. American Journal of Potato Research, 2001, 78(5): 345-354.
- [9] Beaver R G, Devoy M L, Schafer R, et al. CIPC and 2,6-DIPN sprout suppression of stored potatoes [J]. American Journal of Potato Research, 2003, 80(5): 311-316.
- [10] Blenkinsop R W, Copp L J, Yada R Y, et al. Effect of chlorpropham (CIPC) on carbohydrate metabolism of potato tubers during storage [J]. Food Research International, 2002, 35(7): 651-655.
- [11] 吴旺泽, 彭晓莉, 刘小平. 化学试剂对马铃薯贮藏抑芽效果研究 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38(31): 17826-17827, 17835.
- [12] 李守强, 李梅, 葛霞, 等. 抑芽剂对马铃薯的效果试验 [J]. 甘肃科技, 2008, 24(23): 159-161.
- [13] 丁映, 张敏, 雷尊国, 等. 几种化学试剂对马铃薯的抑芽效果 [J]. 安徽农业科学, 2008, 36(4): 1394-1395.
- [14] 李海菊. 马铃薯贮藏期间应用抑芽剂 CIPC 的影响观察 [J]. 陕西农业科学, 2016, 62(1): 25-26.
- [15] 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.
- [16] 陈亿兵, 雷轶玲, 金焕贵, 等. 2.5% 氯苯胺灵粉剂对马铃薯贮藏抑芽的效果 [J]. 黑龙江农业科学, 2010(12): 68-69.
- [17] 孙开学. 氯苯胺灵 50% 热雾剂储藏抑芽药效试验初报 [J]. 农业科学与管理, 2012, 33(7): 48-51.
- [18] 钟蕾, 邓俊才, 王良俊, 等. 生长调节剂处理对马铃薯贮藏期萌发及氧化酶活性的影响 [J]. 草业学报, 2017, 26(7): 147-157.
- [19] 钟蕾, 邓俊才, 王良俊, 等. 生长调节剂对马铃薯贮藏期出芽及主要碳氮代谢物质含量的影响 [J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2016, 42(1): 81-88.
- [20] 刘芳, 李喜宏, 韩聪聪, 等. 氯苯胺灵对马铃薯品质的影响 [J]. 食品科技, 2016, 10(41): 28-32.
- [21] 唐世明, 曹君迈. 氯苯胺灵对马铃薯还原糖、膜稳定指数的影响 [J]. 江苏农业科学, 2016, 44(9): 297-300.
- [22] 张欣, 张丙云, 田世龙, 等. CIPC 对贮藏期间马铃薯不同部位酶活性的影响 [J]. 食品工业科技, 2013(19): 316-319.
- [23] 李守强, 田世龙, 刘刚, 等. 不同烹调方式对马铃薯中氯苯胺灵残留量的影响 [J]. 食品工业科技, 2011(12): 96-98, 102.
- [24] 吕小刚. 烟叶中马来酰肼残留的检测技术 [D]. 昆明: 昆明理工大学, 2016.
- [25] 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): 338-343.

[26] 王迪轩, 胡为. 马铃薯采后处理技术 [J]. 农民科技培训, 2010 (1): 27-28.

[27] 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): 84-86, 102.

[28] 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(5): 482-485.

[29] 裴明黎. 植物生长调节剂 MENA 和 MH 对马铃薯采后贮藏品质的影响及安全性评价 [D]. 杭州: 浙江大学, 2010.

[30] 蔡绍银, 段儒华. 1-萘乙酸甲酯的合成及应用 [J]. 现代化工, 1995(3): 42-43.

[31] 鲍希圣, 许景阳. 植物生长调节剂 1-萘乙酸甲酯的合成与应用 [J]. 天津化工, 1992(2): 4-6.

[32] 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.

[33] Frazier MJ, Olsen N L. The effects of chlorpropham exposure on field-grown potatoes [J]. American Journal of Potato Research, 2015, 92 (1): 32-37.

[34] 代红飞. 外源乙烯对马铃薯抑芽机制的研究及加工品质的影响 [D]. 济南: 齐鲁工业大学, 2016.

[35] Külen O, Stushnoff C, Davidson R D, *et al.* Gibberellic acid and ethephon alter potato minituber bud dormancy and improve seed tuber yield [J]. American Journal of Potato Research, 2011, 88(2): 167-174.

[36] 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]//屈冬玉, 陈伊里. 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.

[37] 崔莎. 香芹酮、乙醛抑制马铃薯发芽试验效果研究 [J]. 河南科技, 2014(5): 74-75.

[38] Oosterhaven J. Different aspects of S-carvone, a natural potato sprout growth inhibitor [D]. Wageningen: Landbouwniversiteit Wageningen, 1995: 1-151.

[39] Karanisa T, Akoumianakis K, Alexopoulos A, *et al.* Effect of postharvest application of carvone on potato tubers grown from true potato seed (TPS) [J]. Procedia Environmental Sciences, 2015, 29: 166-167.

[40] 王西瑶, 刘帆, 倪苏, 等. 一种马铃薯种薯贮藏方法: 中国, 101869023B [P]. 2011-12-07.

[41] 王西瑶, 刘帆, 倪苏, 等. 一种用紫茎泽兰延长马铃薯贮藏期的方法: 中国, 101869134B [P]. 2012-07-11.

[42] 李方安, 刘帆, 王西瑶, 等. 多效唑对马铃薯3个品种的原原种贮藏效应研究 [J]. 四川农业大学学报, 2013, 31(2): 131-135.

[43] 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.

[44] 刘帆, 王西瑶, 黄雪丽, 等. 用于马铃薯种薯贮藏混合物及其马铃薯种薯贮藏方法: 中国, 102870554B [P]. 2015-04-08.

[45] 陈彦云, 刘成敏, 郑学平, 等. 马铃薯抑芽剂研制效果试验 [J]. 中国马铃薯, 2001, 15(5): 284-285.

[46] 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.

[47] 王学贵, 沈丽淘, 姚建洪, 等. 几种精油对马铃薯种薯贮藏期的生理生化影响 [J]. 植物保护学报, 2016, 43(2): 300-306.

[48] 邹雪, 邓孟胜, 李立芹, 等. 油菜素内酯合成和信号转导基因在马铃薯块茎贮藏期间的表达变化及对萌芽的影响 [J]. 作物学报, 2017, 43(6): 811-820.

[49] 田甲春, 田世龙, 葛霞, 等. 马铃薯贮藏技术研究进展 [J]. 保鲜与加工, 2017, 17(4): 108-112.

书
讯

现有《中国马铃薯》杂志 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 和 2018 年精装合订本, 中国马铃薯大会论文集 2011 年《马铃薯产业与科技扶贫》, 2012 年《马铃薯产业与水资源高效利用》, 2013 年《马铃薯产业与农村区域发展》, 2014 年《马铃薯产业与小康社会建设》, 2015 年《马铃薯产业与现代可持续农业》, 2016 年《马铃薯产业与中国式主食》, 2017 年《马铃薯产业与精准扶贫》, 2018 年《马铃薯产业与脱贫攻坚》和 2019 年《马铃薯产业与健康消费》, 每本定价 100 元。有需要的读者, 可通过邮局将书款汇至哈尔滨市东北农业大学《中国马铃薯》编辑部, 款到寄书。

联系电话: 0451-55190003