

钙对马铃薯影响的研究进展

马 爽

(黑龙江省农业科学院 克山分院, 黑龙江 克山 61606)

摘要:马铃薯缺钙会引起植株细弱,叶片光合减弱,茎尖停止生长,块茎的脐部维管束环形成褐色坏死。土壤中含钙量丰富,但大多数的钙均被固定,不易被作物吸收。为明确钙在马铃薯生长过程中的作用机理,对马铃薯钙素影响的研究进行了综述,分析了钙素对马铃薯生长发育、贮藏品质和抗逆性等生理方面的影响;研究了马铃薯施用钙肥的现状,并指出了目前马铃薯钙素研究中存在的问题,为今后马铃薯钙素的研究提供思路。

关键词:马铃薯;钙;生长发育;贮藏品质

中图分类号:S532 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2017)07-0102-03 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2017.07.0102

随着我国马铃薯主粮化政策的逐步实施,粮食、蔬菜、轻工业和食品加工等领域马铃薯的需求量日趋增大,人们对马铃薯科学种植和贮藏方法的关注也在日趋加强,但作为食物来讲,食用马铃薯并不是丰富的钙来源。马铃薯抗逆性强,钙元素在其适应逆境的过程中起着至关重要的作用。钙在植物生长发育和保证细胞功能的正常运行上扮演着重要角色。尤其在维持细胞壁、细胞膜结构稳定性方面起着重要作用,胞质的钙浓度变化可以作为植物调节新陈代谢和协调逆境反应的细胞信号。马铃薯植株的钙水平与抵抗内部褐斑、热坏死、感染软腐病病原体(*Pectobacterium*)、抗热性以及抗冻性方面有关联^[1]。马铃薯块茎结实和收获时,普遍存在着钙元素缺乏的现象。马铃薯块茎缺钙内部易出现褐斑病和空心病,表皮出现不光滑和易擦伤的现象,甚至在以色列的马根地区还出现了“马根褐斑”,严重影响了马铃薯的品质^[2]。为解决这一问题本文对马铃薯的一生及贮藏需钙情况进行了详细阐述,旨在为今后研究钙在马铃薯中的作用机理提供理论依据并为马铃薯生产实践中钙肥的施用提供技术支撑。

1 钙对马铃薯生长发育和品质的影响

1.1 钙对马铃薯生长发育的影响

Senay^[3]研究表明钙含量可以影响马铃薯的产量构成要素。钙含量增加,植株体内的有机物运输通畅,马铃薯植株的长势旺盛。这主要是因

为钙提高了光合色素的含量和叶片的净光合速率,进而提高了植株的光合效率,使植株能够更好地进行光合作用,增加了“源”,增多了“库”,为增产奠定了生理基础。马铃薯块茎的形成可能是钙信号与糖信号共同作用的结果,即钙信使系统参与了蔗糖诱导马铃薯块茎的形成。块茎的形成受匍匐茎茎尖的激素平衡情况影响,而土壤中的钙能够改变这种平衡。 Ca^{2+} 影响植物生长发育的一个重要方面可能是其增加影响了匍匐茎中细胞分裂素和赤霉素的水平。有研究表明,提高马铃薯匍匐茎蔗糖浓度,降低赤霉素浓度,能够增进块茎的生长发育^[4]。Ginzberg 等^[5]总结了多种激素与钙和钙调素之间的联系,认为 Ca^{2+} 可以缓解高温和低温胁迫对马铃薯块茎形成的影响,还可以促进叶片和块茎中赤霉素、生长素和玉米核苷素含量的提高,降低叶片中脱落酸的含量,提高块茎中脱落酸的含量。

在基因方面, Ca^{2+} 通过钙依赖蛋白激酶(CD-PKs)发挥功能,传递信号,转入蔗糖磷酸合成酶,可增进呼吸作用和糖酵解,转入转化酶,会使块茎的数量减少,却使块茎的体积增加。目前,CD-PKs 能被发现分类的有 26 种 StCDPK, StCDPK 在膨大的匍匐茎、根和微型薯中有较高水平。钙调素和 Ca^{2+} 还参与甘薯特异蛋白(sporamin)基因和糖诱导 β -淀粉酶表达,另外,蔗糖可以诱导马铃薯匍匐茎上的 StCDPK 的基因表达,其中 StCDPK1 和 StCDPK7 表现优异^[6]。

1.2 钙对马铃薯块茎品质的影响

在贮藏过程中,马铃薯块茎的各种生理生化反应并没有停止,选择合适的贮藏方式,来改变其内在的生理生化特性,从而降低腐烂和发病情况,进而来提高马铃薯的食用品质及贮藏时间。因此

收稿日期:2017-05-31

基金项目:农业部科技支撑计划资助项目(2015NWB005);科技部攻关资助项目(NICGR2015-063)

作者简介:马爽(1989-),女,黑龙江省齐齐哈尔市人,硕士,研究实习生,从事马铃薯品种资源保存与利用研究。E-mail: mashuang456@163.com。

找到适合马铃薯的保鲜措施,增加耐贮性,对于马铃薯整个产业链都具有很深远的意义。

提高块茎钙含量可以降低块茎生理病害率。有研究表明,在马铃薯收获后浸硝酸钙能够延缓块茎衰老并抑制生理病害。主要因其影响了马铃薯块茎细胞膜的通透性和抗逆性,即降低了块茎相对电导率和丙二醛含量,提高了过氧化物酶的活性。增加了块茎中的钙含量,稳定了细胞壁及细胞膜系统,减缓了酶促反应,减慢了块茎的生理活动,延迟了块茎细胞的衰老^[7]。

降低丙二醛含量,对马铃薯块茎细胞液外渗和自由基对细胞膜系统的伤害情况起到了抑制作用,保持了膜系统的完整性。外源钙不仅影响细胞壁和细胞膜,对植物体内生长素吲哚乙酸(IAA)也具有一定的影响^[8]。IAA 在块茎中的含量低,能够抑制发芽,延长休眠期。

杜强^[9]研究表明收获后浸钙能够抑制块茎细胞壁水解酶活性、纤维素酶和果胶酶活性,使果胶转化为水溶性果胶和纤维素降解的速度变慢,维持了细胞壁的完整性。在显微镜下观察发现,马铃薯块茎浸钙还能够增加细胞壁的厚度。细胞壁结构是判断块茎成熟和衰老的重要指标,细胞壁厚度的维持可以增加马铃薯的耐性,提高块茎硬度,为块茎品质提供保障。

钙是植物生长发育的重要调节因子,能够对植物的生理活动进行广泛的调节。马铃薯块茎中的淀粉是最主要的内含物,由质体合成组合成淀粉粒。淀粉粒的数量和类型是判断马铃薯块茎营养和经济价值的重要指标。即使是同一块茎中的淀粉粒,大小都是不均匀的。将块茎浸钙能够提高马铃薯块茎薄壁组织细胞中大的淀粉粒比例。在生理活性方面,马铃薯块茎浸钙降低淀粉酶活性,维持块茎中较高的淀粉含量,增加其干物质量。对块茎其它品质指标表现为,蔗糖和蛋白质的含量有所提高,还原性糖(葡萄糖、果糖)含量保持较低水平、并能够减少 VC 的损失量。浸钙马铃薯块茎中的还原性糖和氨基酸发生反应,产生棕色苦味物质,保持其较低水平使马铃薯块茎具有优良的营养品质和加工品质^[10]。

2 钙对马铃薯在逆境下的影响

马铃薯耐盐性差,在盐胁迫下生长受抑制。 Ca^{2+} 能够缓解 NaCl 胁迫对马铃薯根系细胞膜的伤害,降低质膜的通透性,增强细胞膜对离子的选择吸收。添加钙后,在生物量方面,马铃薯干物质积累变高;在光合作用方面,维持叶绿体等细胞器

膜结构稳定,提高叶绿素含量;在生理方面,增加了可溶性糖的含量、蔗糖含量、蔗糖磷酸合成酶(SPS)、蔗糖合成酶(SS)、苯丙氨酸解氨酶(PAL,苯丙烷类代谢的限速酶和关键酶)和谷胱甘肽(GSH)活性以及 POD、CAT 和 SOD 等保护酶类在植物体内协同作用,降低了 MDA 含量、转化酶活性,保护细胞膜以及蛋白质和 DNA 等生物大分子免受自由基的侵害,提高了细胞渗透调节能力和原生质保护能力^[11]。使植物形成新的碳水化合物代谢平衡,有效缓解盐胁迫对马铃薯的伤害。

3 马铃薯补充钙素所面临的问题

3.1 马铃薯添加钙肥的施用量

钙缺乏通常表现在整株或者在植株的一个特定器官表现,钙缺乏症状为植株生长量减少,出现褐斑现象,严重情况引起植株组织全部坏死^[12]。植株地上部分干物质随生育期的进行分配率逐渐降低,而地下部分则与之相反。增施钙可以增加干物质在块茎中的分配率,使更多的光合产物流向块茎中,抑制地上部分生长,为块茎中干物质积累打下生理基础。Ginzberg 等^[5]在以色列马根地区施用氯化钾 $500 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,一水氯化钙 $750 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$;Palta^[13]在美国威斯康辛州地区施用氯化钙 $100 \sim 200 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$;在我国施用尿素 $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 水平上,施用 $140 \sim 170 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的氯化钙效果好。具体的施肥量要依地力和品种而异。

3.2 马铃薯添加钙肥的施肥方式

马铃薯块茎蒸腾效率极低,由主根吸收的 Ca^{2+} ,主要以蒸腾流的方式输送到除了块茎以外的各器官,所以主根吸收的钙不能输送到块茎中。 Ca^{2+} 不是通过周皮运输到块茎中心的, Ca^{2+} 运输是通过匍匐茎的根和块茎芽。对于马铃薯这种果实作物来讲, Ca^{2+} 进入途径是典型的适于果面营养和利用果面非维管束吸收养分的^[14]。利用块茎表面吸收 Ca^{2+} 能够解决缺钙现象,因此,在块茎形成处的土壤表面施用钙肥,能够有效提高块茎 Ca^{2+} 水平^[15]。马铃薯块茎形成期至块茎膨大期是吸收和积累钙素最快的时期,在此时期补充钙素可以达到事半功倍的效果^[16]。因此,在匍匐茎和块茎接触的土壤中施用可利用的钙即可。钙肥的施用形式以水溶性氯化钙施入,可有效地增加块茎内钙含量。

4 研究展望

钙对马铃薯生长发育、块茎贮藏品质以及抗

逆性的影响研究已日趋明朗。但仍存在一些问题需要改进。

缺钙会导致马铃薯生长发育中生理活动紊乱,引起马铃薯多种生理性病害,造成马铃薯产量和品质的下降,不利于马铃薯产业的发展和经济效益的增加。我国地域辽阔,土壤类型多样(黏土、壤土、沙质土),土壤中含钙量不均匀。应针对地区和土壤质地研究施钙方案。

关于钙信号与碳水化合物和激素在马铃薯块茎形成中的部分机制以及降低块茎生理病害率的机理仍有待进一步的研究。以期找到钙素对马铃薯的作用机理和机制,为马铃薯营养研究添上浓墨重彩的一笔。未来在此领域的研究任重道远,要在马铃薯主粮化政策的大背景下,不断把马铃薯产业做大、做强,加快农业现代化建设步伐。

参考文献:

- [1] Yench G. C, McCord P H., Hayness K G. Internal heat necrosis of potato -A review [J]. American Potato Research, 2008, 1(85): 69-76.
- [2] Kleinhenz M D, Palta J P. Root zone calcium modulates the response of potato plants to heat stress [J]. Physiologia Plantarum, 2002, 115(1): 111-118.
- [3] Senay Ozgen, Palta Jiwan P. Supplemental calcium application influences potato tuber number and size [J]. Hortscience, 2004, 40(1): 102-105
- [4] Senay Ozgen, Jiwan P, Kleinhenz M D, et al. Influence of supplemental calcium fertilization on potato tuber size and tuber number [J]. Potatoes-Healthy Food for Humanity, 2003, 619: 542.
- [5] Ginzberg I, Minz D, Faingold I, et al. Calcium mitigated potato skin physiological disorder [J]. American Journal of Potato Research, 2012, 89(5): 351-362.
- [6] Fantino E, Segretin M E, Santin F, et al. Analysis of the potato calcium-dependent protein kinase family and characterization of StCDPK7, a member induced upon infection with *Phytophthora infestans* [J]. Plant Cell Reports, 2017,

36(7): 1137-1157.

- [7] Karlsson B H, Crump P M, Palta J P. Enhancing tuber calcium concentration may reduce incidence of blackspot bruise injury in potatoes [J]. Hortscience A Publication of the American Society for Horticultural Science, 2006, 41 (5): 1213-1221.
- [8] Vega S E, Bamberg J B, Plata J P. Root zone calcium can modulate GA-induced tuberization signal [J]. American Journal of Potato Research, 2006, 83: 135.
- [9] 杜强. 钙对马铃薯植株生长及块茎品质的影响 [D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2013.
- [10] 辛建华, 李天来, 陈红波. 外源钙处理对马铃薯块茎重量和数量的影响 [J]. 西北农业学报, 2008, 17(5): 248-251.
- [11] Kratzke M G, Plata J P. Evidence for the existence of functional roots on potato tubers and stolons; significance in water transport to the tuber. American Potato Journal, 1985, 62 (5): 227-236.
- [12] 袁陵, 李正国, 杨迎伍, 等. 采后钙处理对奉节脐橙褐变及膜脂过氧化作用的影响 [J]. 热带作物学报, 2010, 31(2): 207-211.
- [13] Palta J P. Improving potato tuber quality and production by targeted calcium nutrition; the discovery of tuber roots leading to a new concept in potato nutrition [J]. Potato Research, 2010, 53(4): 267-275.
- [14] Ohto M A, Nakamura K. Sugar induced increase of calcium dependent protein kinases associated with the plasma membrane in leaf tissues of tobacco [J]. Plant Physiol, 1995, 109(3): 973-981.
- [15] Ozgen S, Karlsson B H, Palta J P. Response of potato (cv. Russet Burbank) to supplemental calcium applications under field conditions; Tuber calcium, yield, and incidence of internal brown spot [J]. American Journal of Potato Research, 2006, 83(2): 195-204.
- [16] Illera-Vives M, Labandeira S S, Loureiro LI, et al. Agromomic assessment of a compost consisting of seaweed and fish waste as an organic fertilizer for organic potato crops [J]. Journal of Applied Phycology, 2017, 29 (3): 1663-1671.

Research Progress of Calcium Effect on Potato

MA Shuang

(Keshan Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Keshan, Heilongjiang 161606)

Abstract: Potato calcium deficiency can cause plant small and weak, photosynthesis abates, stem tip stops growing. Calcium deficiency can also cause potato tuber the bellybutton vascular bundle brown necrotic ring formation. Generally, the soil is rich in calcium, but most calcium is fixed and not easily absorbed by crops. To clarify the role of calcium in potato growth, the study on the effects of calcium on potato was summarized. The effects of calcium on the growth, storage quality and resistance of potato were analyzed. The situation of calcium fertilizer was studied, and the existing problems in the current research of potato calcium were pointed out, it provided ideas for the future research.

Keywords: potato; calcium; growth and development; storage quality