

外源钙对亚麻芽菜营养成分及氰化物的影响

何瑞华¹, 叶智超¹, 霍杭¹, 任湘华¹, 孙健¹, 戴志刚², 粟建光², 谢冬微^{1*}

¹南通大学生命科学学院, 江苏 南通

²中国农业科学院麻类研究所, 湖南 长沙

收稿日期: 2022年4月6日; 录用日期: 2022年5月24日; 发布日期: 2022年5月31日

摘要

为了了解外源钙对亚麻芽菜营养成分及氰化物的影响。本研究以亚麻种子为载体, 以不同浓度食品级氯化钙浸种的方式, 培育高钙且营养丰富的亚麻芽菜, 从芽菜的生长状况, 富含的营养成分以及对人体有害的氰化物含量变化的视角探究在亚麻芽菜形成的过程中进行钙强化的可能性。结果揭示, 亚麻芽菜萌发过程中能够充分富集和吸收微量元素钙, 且亚麻芽菜富集钙的能力随着外源钙浓度的增大而不断增长, 一定浓度的外源钙(3~6 mmol)浸种, 不仅能够促进亚麻芽菜的萌发及生长, 同时降低有害氰化物含量, 而且亚麻芽菜的营养品质明显提高。按照正常食用量进食这种高钙营养亚麻芽菜可以作为人体补充钙的一种膳食来源, 这对从根本上改善人体缺钙等症状具有非常重要的意义。

关键词

亚麻, 芽菜, 高钙, 营养, 氰化物

Effects of Exogenous Calcium on Nutritional Components and Cyanide in Flax Sprouts

Ruihua He¹, Zhichao Ye¹, Hang Huo¹, Xianghua Ren¹, Jian Sun¹, Zhigang Dai², Jianguang Su², Dongwei Xie^{1*}

¹School of Life Science, Nantong University, Nantong Jiangsu

²Institute of Bast Fiber Crops, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Changsha Hunan

Received: Apr. 6th, 2022; accepted: May 24th, 2022; published: May 31st, 2022

Abstract

In order to understand the effect of exogenous calcium on nutritional components and cyanide of

*通讯作者。

文章引用: 何瑞华, 叶智超, 霍杭, 任湘华, 孙健, 戴志刚, 粟建光, 谢冬微. 外源钙对亚麻芽菜营养成分及氰化物的影响[J]. 植物学研究, 2022, 11(3): 409-418. DOI: 10.12677/br.2022.113048

flax sprouts. In this study, flax seeds were used as carriers and soaked with different concentrations of food grade calcium chloride to cultivate high calcium and nutrient rich flax sprouts. The possibility of calcium strengthening in the process of flax seed germination was discussed from the perspectives of growth index, important nutrients and harmful cyanide content. The results showed that flax seeds could absorb and enrich trace element calcium during germination, and the effect of calcium enrichment increased with the increase of exogenous calcium concentration. Soaking flax seeds with an appropriate concentration of exogenous calcium (3~6 mmol) could not only promote the germination and growth of flax seeds, reduce the content of harmful cyanide, but also improve the nutritional quality of flax sprouts after germination. According to the normal consumption, the possibility of calcium poisoning caused by eating this kind of high calcium nutrition flax sprouts is very small. It can be used as a dietary source of calcium supplement for human body, which is of great significance to improve the symptoms of calcium deficiency.

Keywords

Flax, Sprouts, High Calcium, Nutrition, Cyanide

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

亚麻是世界上重要的纤维和籽用作物。也是人类最早发现和利用的纤维植物，亚麻纤维具有吸湿、防污、抗静电、抑菌等功效，且具有极佳的阻燃效果，它可制高级衣料[1]。亚麻籽中富含多种对人体有益的功能性成分，如 α -亚麻酸、亚麻胶、亚麻蛋白、木酚素等[2] [3] [4]。亚麻籽的价值在不断被开发出来。但未经加工处理的亚麻籽中一般都会含有一定量的氰化物，极大地限制了亚麻籽功能营养成分的开发及利用，因此对于亚麻籽用途急需开辟新途径。

芽苗菜，就是一些富含丰富营养物质的植物种子培育出来的、可以食用的芽菜的统称，又被称为活体蔬菜[5]。大量实验结果表明，植物种子经过萌发过程后可以显著提高其自身的营养价值，且可以改善种子原本的营养品质[6] [7] [8] [9]。种子在其萌发的过程中可以明显提高种子本身对钙的生物利用效率，但钙元素的营养价值却仍然比较低，为满足人体所需还应进一步强化。近几年，对于高钙植物食品的研究有一些报道，卢桂宾等以10年生壶瓶枣为试材，探讨外源钙剂对果实生长发育及品质的影响。结果表明与对照相比，不同外源钙剂均可显著提高壶瓶枣的单果重、可食率、含糖量和Vc含量。外源喷施钙制剂，可在枣的果实外表面迅速成膜状物，充分补充枣果实中钙元素含量，增加果实皮层的弹性和厚度，显著增加果实产量和提高营养品质[10]；付雅丽等以生产上主栽品种“金太阳杏”为研究试材，通过外源喷不同浓度的钙剂后发现，外源钙喷施处理明显提高了果实中可溶性固形物的含量、Vc含量、可溶性糖含量、钙元素含量及增加果实硬度，降低铁和磷元素含量[11]；王萌等以春元、春艳为试材，研究了在温室条件下喷钙对果实品质及生理生化特性的影响。结果表明，与对照相比，喷钙处理提高了果实中钙元素的含量及可溶性糖含量，降低可滴定酸的含量，明显增加了Vc及可溶性蛋白含量，进而提高了果实营养品质及贮藏性能[12]。

然而迄今为止，对于外源施加钙元素对亚麻芽菜的生长、钙离子含量及其他营养成分含量的影响仍未见报道。本研究以亚麻种子为载体，以不同浓度食品级氯化钙浸种的方式，培育高钙且营养丰富的亚麻芽菜，从芽菜的生长状况，富含的营养成分以及对人体有害的氰化物含量变化的视角探究在亚麻芽菜

形成的过程中进行钙强化的可能性。从而为富含钙的营养亚麻芽菜能够成为人体补钙的膳食来源，及其在植物保健食品领域的应用提供重要依据。

2. 实验材料与方法

2.1. 实验材料

取种子饱满光滑，外形均匀且完整的亚麻种子 10 g，共 5 份，用 1.5%次氯酸钠溶液消毒 10~15 min。随后用超纯水清洗至无次氯酸钠气味后，加入 150 ml 食品级氯化钙溶液，Ca²⁺浓度分别为 0 mmol (CK)、3 mmol、6 mmol、10 mmol、15 mmol。随后将它们放置于 24℃人工气候箱内黑暗条件下浸种 12h。取出后，用超纯水漂洗 5 次并沥干，并于培养盒内铺平(培养盒于事先用 1.5%次氯酸钠消毒处理，且需铺一层灭菌滤纸)，将滤纸用超纯水淋湿即可，培养盒内不要有积水，将它们放置于人工气候培养箱内于 24℃条件下暗培养 96 h。每隔 6~8 h 视实际情况补充一次超纯水，使滤纸始终保持湿润状态即可。

2.2. 实验方法

2.2.1. 生长指标测定

随机选取 30 根芽菜，用游标卡尺准确测量芽菜的下胚轴粗、下胚轴长及根长。此外随机选取 60 根亚麻芽菜，擦干芽菜表面水分，称取其鲜重，并于 105℃下烘 1 h 后，将温度调制 60℃烘至恒重，计算亚麻芽菜的含水率。

2.2.2. 亚麻芽菜营养成分的测定

芽菜培育 4 天后，用纯净水漂洗多次，于 28℃烘干至恒重(过高温度会降低亚麻芽菜中的营养成分含量，影响测定结果)，将干样研磨成粉，过 60 目筛，放置于干燥器中待测。

可溶性蛋白含量测定：参照 GB 5009.5-2010 中凯氏定氮法测定(GB 5009.5-2010《食品安全国家标准食品中蛋白质的测定》法一凯氏定氮法)。

可溶性糖含量测定：采用苯酚法[13]。

游离氨基酸总量测定：采用茚三酮溶液显色法[13]。

总脂肪的测定：参照 GB/T 5009.6-2003 中索氏提取法测定(GB/T 5009.6-2003《食品中脂肪的测定》法一索氏抽提法)。

维生素含量测定：维生素 C 测定参照 GB/T 6195-1986 中的 2,6-二氯靛酚滴定法(GB/T 6195-1986《水果、蔬菜维生素 C 含量测定法》2,6-二氯靛酚滴定法。)；维生素 E 测定参照 GB/T 5009.82-2003 中的测定方法(GB/T 5009.82-2003《食品中维生素 A 和维生素 E 的测定》)。

2.2.3. 芽菜中氰化物含量测定

称取 0.5 g 烘干芽菜样品，参照改进的异烟酸 - 吡啶啉酮比色法[14]，结果以干重计。

2.2.4. 芽菜中木酚素含量测定

称取 1 g 烘干芽菜样品，利用高效液相色谱法进行测定[15]，结果以干重计。

2.2.5. 芽菜中钙含量测定

参照 GB/T 13885-2003，采用原子吸收光谱法测定(GB/T 13885-2003《动物饲料中钙、铜、铁、镁、锰、钾、钠和锌含量的测定》原子吸收光谱法)。

2.3. 数据分析

数据分析均采用 3 次重复的平均数，本实验结果利用 EXCEL 进行统计及差异显著性分析(Duncan 多

重比较, $P < 0.05$)。

3. 结果分析

3.1. 对亚麻芽菜生长的影响

表 1 结果表明了外源食品级钙浸种对亚麻芽菜生长发育状况及含水率的影响。钙浓度在 3~6 mmol 范围内芽菜生长相关各指标总体较好。钙浓度在 0~6 mmol 范围内, 下胚轴长和下胚轴粗呈增加趋势, 在 6 mmol 是下胚轴长和下胚轴粗达到最大值分别都 42.53 mm 和 1.25 mm 均显著高于 0 (CK)组; 本研究发现钙离子浓度在 0~10 mmol 范围内时芽菜根长呈增加趋势, 3 mmol 浓度下的根长较 0 (CK)组略高, 并未达到极显著水平。在各浓度处理下芽菜含水率并无明显变化。

Table 1. Effects of exogenous calcium on growth and water content of flax sprouts

表 1. 外源钙对亚麻芽菜生长状况及含水率的影响

钙浓度(mmol)	下胚轴长(mm)	下胚轴粗(mm)	根长(mm)	含水率(%)
0 (CK)	24.19 ± 4.02 a	1.09 ± 0.01 a	39.39 ± 6.72 a	85.28 ± 0.44 a
3 mmol	33.49 ± 7.30 c	1.21 ± 0.09 bc	41.52 ± 3.00 ab	85.60 ± 0.36 a
6 mmol	42.53 ± 3.22 d	1.25 ± 0.03 c	42.97 ± 6.96 b	85.32 ± 0.50 a
10 mmol	30.85 ± 2.18 b	1.19 ± 0.07 b	47.63 ± 1.96 c	85.18 ± 0.22 a
15 mmol	29.88 ± 10.97 b	1.08 ± 0.01 a	39.3 ± 6.31 a	85.36 ± 0.57 a

3.2. 对亚麻芽菜中可溶性蛋白含量的影响

由图 1 可见, 与 CK 组相比, 食品级氯化钙溶液浸种后培育出的亚麻芽菜中可溶性蛋白质含量有不同程度的增加。在 3~6 mmol 范围内, 可溶性蛋白含量在 13.47~14.58 mg/g 之间, 钙浓度为 3 mmol 是达到最大值 14.58 mg/g, 与 CK 组相比增加了 33.76%; 钙浓度在 10~15 mmol 范围内, 芽菜中可溶性蛋白的含量出现下降趋势, 在 15 mmol 是达到最低值 10.88 mg/g。

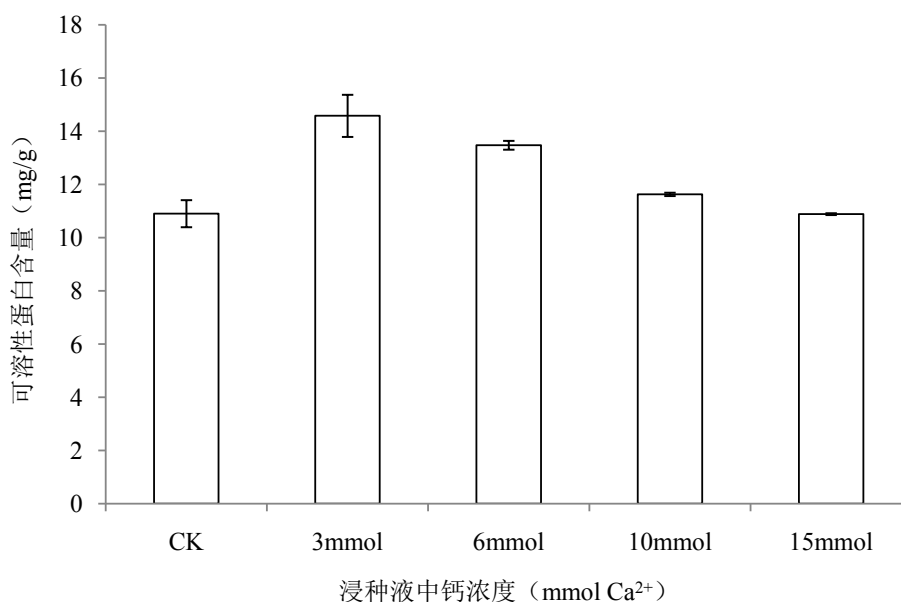


Figure 1. Effects of exogenous calcium on soluble protein accumulation in flax sprouts

图 1. 外源钙对亚麻芽菜中可溶性蛋白积累的影响

3.3. 对亚麻芽菜中可溶性糖含量的影响

由图 2 可知, 外源钙浸种可提高亚麻芽菜中可溶性糖含量, 在钙浓度在 0~6 mmol 范围内, 芽菜中可溶性糖含量呈逐渐上升趋势, 当钙浓度为 6 mmol 时, 可溶性糖积累量达到最大值 40.21 mg/g, 与 CK 组相比增加 68.03%。在钙浓度 10~15 mmol 范围内时, 可溶性糖含量呈下降趋势, 最低达到 18.74 mg/g。

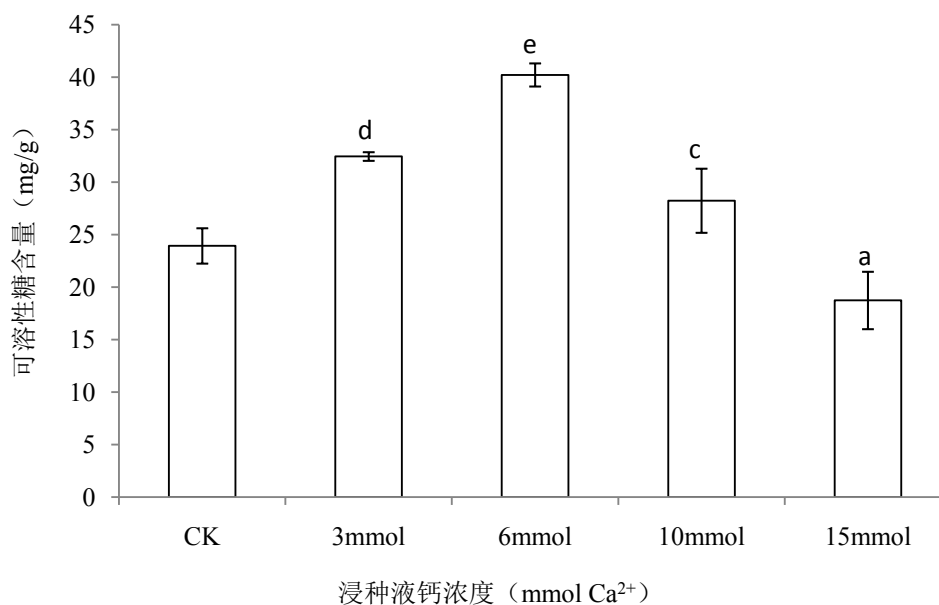


Figure 2. Effect of exogenous calcium on soluble sugar content in flax sprouts

图 2. 外源钙对亚麻芽菜中可溶性糖含量的影响

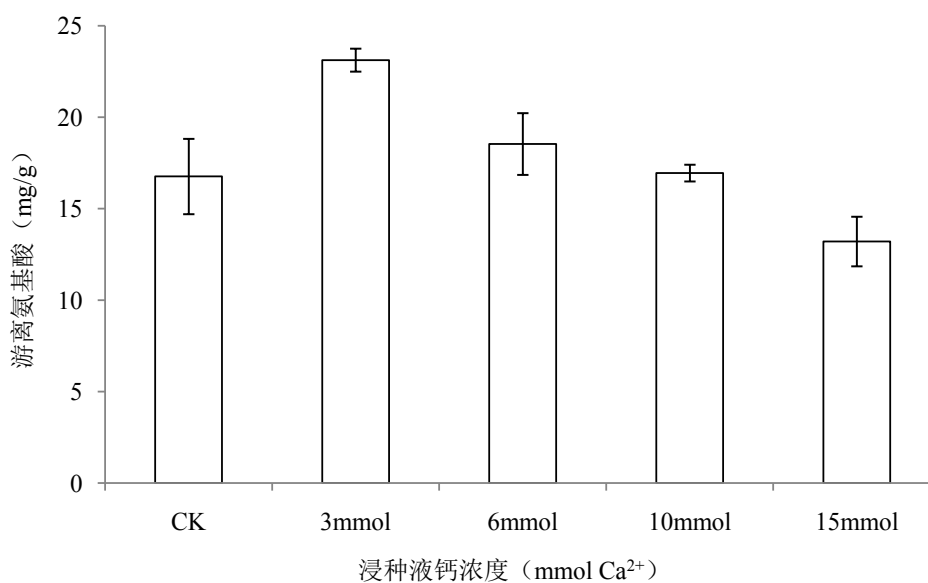


Figure 3. Effects of exogenous calcium on total free amino acids in flax sprouts

图 3. 外源钙对亚麻芽菜中游离氨基酸总量的影响

3.4. 对亚麻芽菜中游离氨基酸总量的影响

由图 3 可见, 浸种液钙浓度在 3~10 mmol 范围内时, 芽菜中的游离氨基酸总量均高于 CK 组, 当浸

种液中钙浓度为 3 mmol 时, 芽菜中游离氨基酸总量达到 23.12 mg/g, 与 CK 组相比增加 37.94%。当浸种液中钙浓度高于 15 mmol 时, 芽菜中游离氨基酸总量开始低于 CK 组。说明适当浓度的外源钙可以促进亚麻芽菜中游离氨基酸含量的增加。

3.5. 对亚麻芽菜总脂肪比例的影响

从图 4 可知, 当对亚麻芽菜外源施加钙浓度在 3~6 mmol 范围内时, 芽菜中总脂肪比例较 CK 组升高, 钙浓度 6 mmol 时达到最高值 35.35%, 较 CK 组升高 12.25%。但当钙浓度大于 10 mmol 时, 芽菜中总脂肪比例开始出现下降趋势。

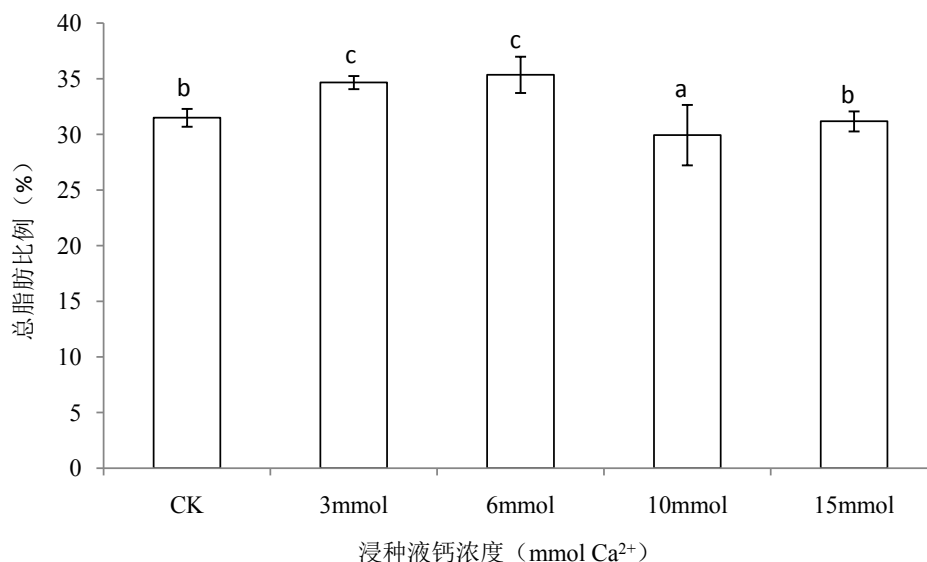


Figure 4. Effect of exogenous calcium on total fat percentage in flax sprouts

图 4. 外源钙对亚麻芽菜中总脂肪比例的影响

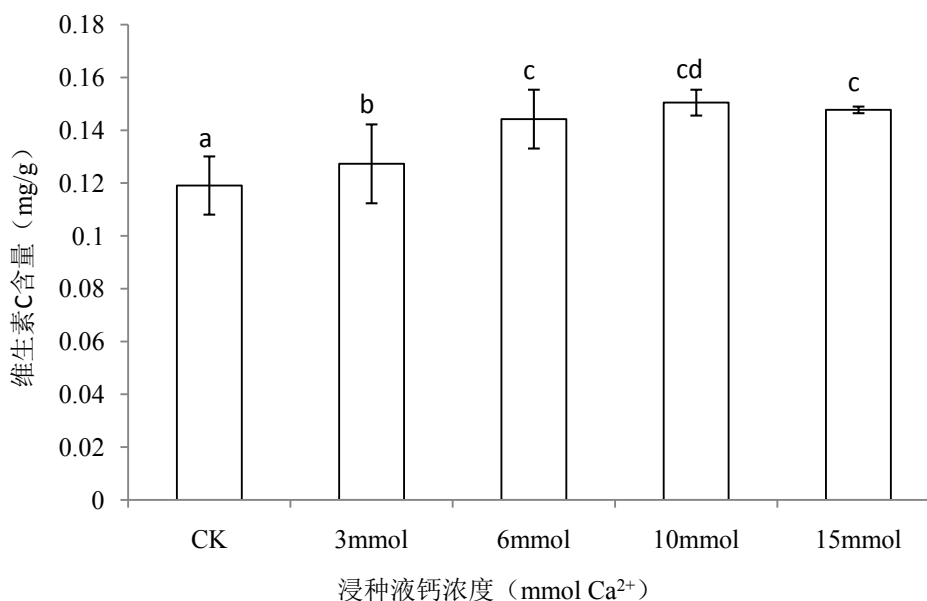


Figure 5. Effects of exogenous calcium on vitamin C accumulation in flax sprouts

图 5. 外源钙对亚麻芽菜中维生素 C 积累的影响

3.6. 对亚麻芽菜中维生素 C 含量的影响

由图 5 可知, 当浸种液中钙浓度处于 3~15 mmol 范围内时, 亚麻芽菜中维生素 C 的含量均高于 CK 组。当钙浓度为 10 mmol 时, 芽菜中维生素 C 的含量最高达到 0.14 mg/g, 较 CK 组增加 26.38%。当钙浓度在 3~6 mmol 范围内时, 芽菜中维生素 C 含量较 CK 组增加 6.9%~21%。但当钙浓度过高时(>15 mmol), 芽菜中的维生素 C 含量出现下降趋势。

3.7. 对亚麻芽菜中维生素 E 含量的影响

由图 6 可知, 当对亚麻种子利用不同浓度食品级钙浸种后, 萌发的亚麻芽菜中维生素 E 的含量变化明显。在钙浓度处于 3~6 mmol 范围内时, 芽菜中的维生素 E 含量增加, 较 CK 组增加 6.3%~6.7%, 钙浓度 6 mmol 时维生素 E 含量达到最大值 58.07 $\mu\text{g/g}$ 。当钙浓度 10~15 mmol 范围内, 芽菜中维生素 E 含量均低于 CK 组, 说明钙浓度过高时, 芽菜中的维生素 E 合成受到抑制。

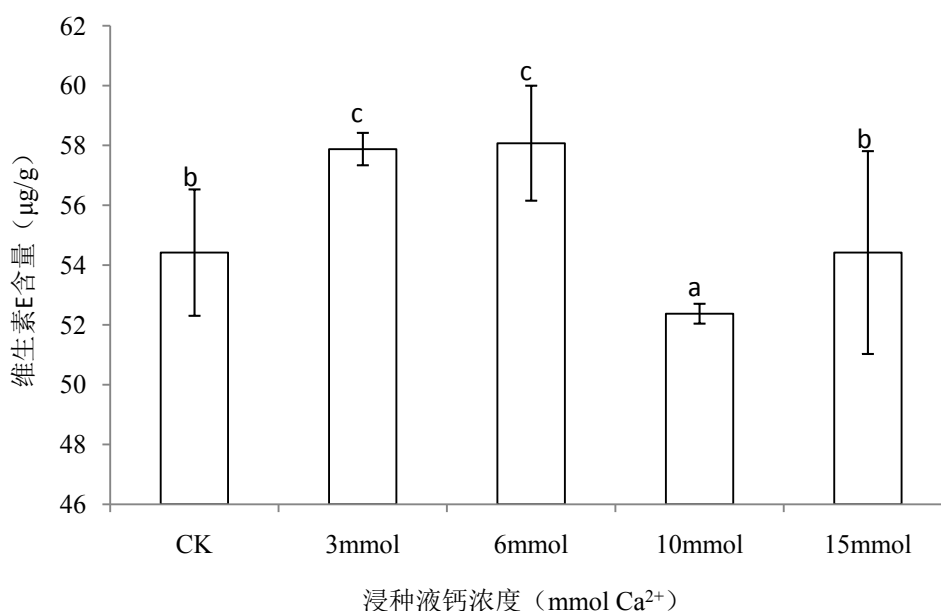


Figure 6. Effect of exogenous calcium on vitamin E accumulation in flax sprouts

图 6. 外源钙对亚麻芽菜中维生素 E 积累的影响

3.8. 对亚麻芽菜中氰化物含量的影响

亚麻籽在不同浓度钙浸种萌发后氰化物含量的变化如图 7 所示。当浸种液中钙浓度在 3~6 mmol 范围内时, 亚麻芽菜中的氰化物含量较 CK 组有所下降, 降低比例在 3.7%~8.2%之间, 氰化物含量最低为 2.41 mg/kg。但当浸种液钙浓度较高在 10~15 mmol 范围时, 芽菜中的氰化物含量开始较 CK 组升高, 最高为 3.22 mg/kg。

3.9. 对亚麻芽菜中木酚素含量的影响

不同浓度钙溶液对亚麻籽浸种萌发后产生的芽菜中木酚素含量的变化如图 8 所示, 在钙浓度处于 3~10 mmol 范围内, 芽菜中木酚素含量逐渐升高, 较 CK 组高 25.42%~43.83%。但当浸种液中钙浓度在 15 mmol 时, 芽菜中木酚素含量开始下降且低于 CK 组 15%。说明一定浓度的外源钙可有效提高亚麻芽菜中的木酚素含量, 从而明显提升了亚麻芽菜的功能保健作用及营养价值。

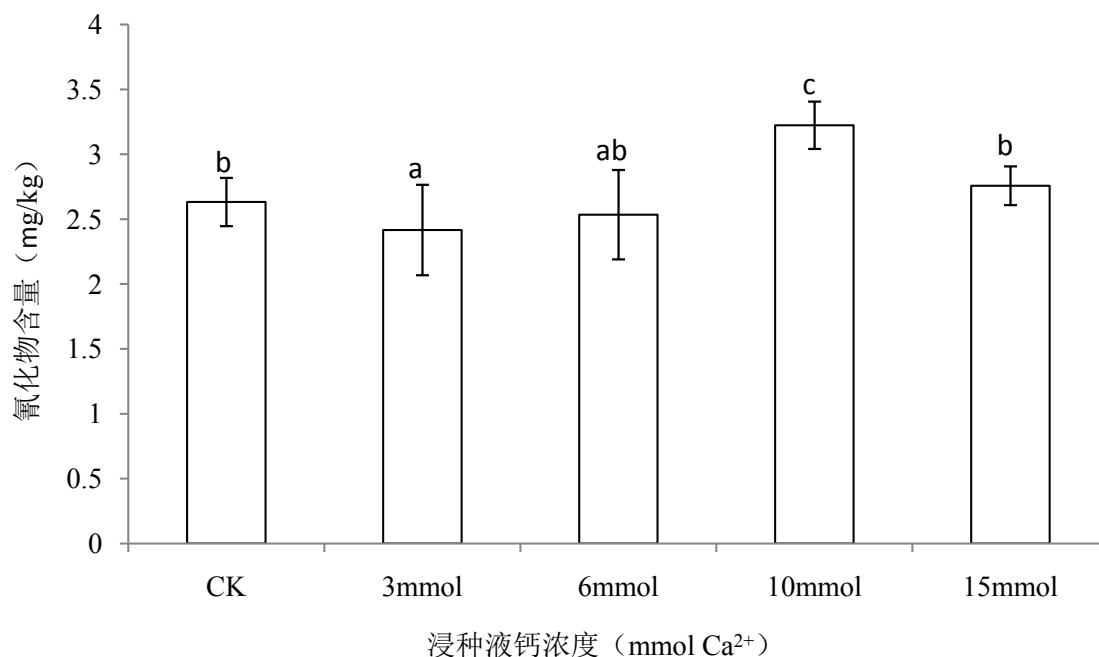


Figure 7. Effects of exogenous calcium on cyanide accumulation in flax sprouts
图 7. 外源钙对亚麻芽菜中氰化物积累的影响

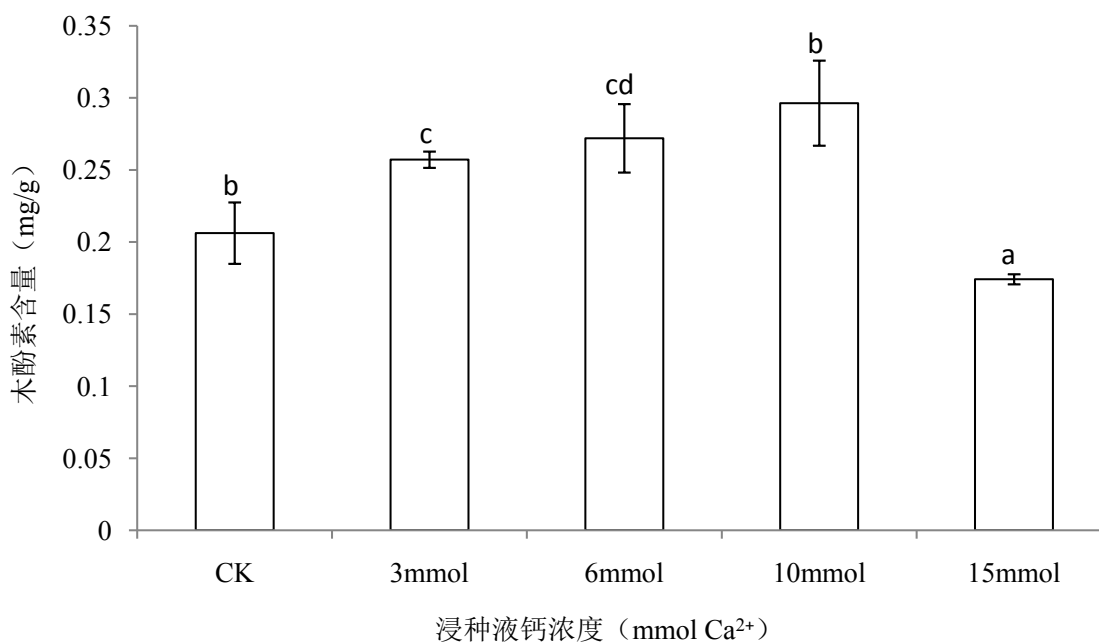


Figure 8. Effects of exogenous calcium on accumulation of lignan in flax sprouts
图 8. 外源钙对亚麻芽菜中木酚素积累的影响

3.10. 对亚麻芽菜中钙积累的影响

食品级氯化钙溶液浸种可以明显的增加亚麻芽菜中的钙含量如图 9 所示, 本实验参考的钙浓度范围在 0~15 mmol, 亚麻芽菜中钙含量随着浸种液中钙浓度的升高而增加, 较 CK 组的增加幅度达到 96.10%~272.13%。

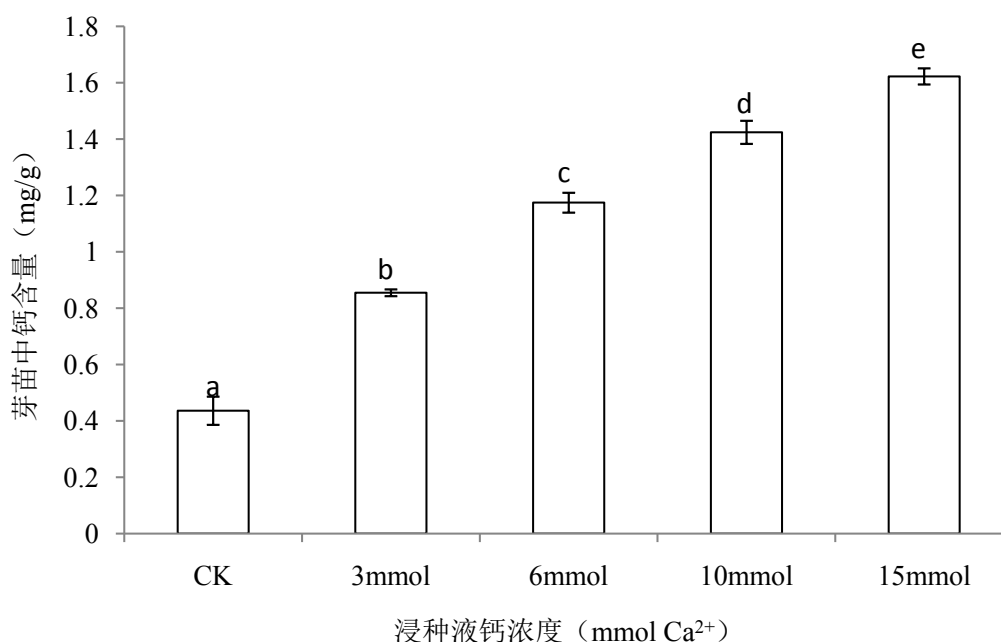


Figure 9. Effect of exogenous calcium on calcium content in flax sprouts

图9. 外源钙对亚麻芽菜中钙含量的影响

4. 讨论

钙是植物生长发育的必需元素之一，具有稳定细胞膜、稳固细胞壁以及促进细胞伸长的作用，在没有外源钙供应时，植物在数小时内就会停止生长。主要原因是由于缺钙能够抑制细胞伸长。一般认为，适当浓度的钙溶液浸种可以提高种子物质代谢水平并促进植物的生长发育，但高浓度的钙对植物具有毒害作用，并抑制其生长[16]。本研究结果表明，施加适宜浓度的外源钙促进了亚麻芽菜的生长发育，促进芽菜下胚轴发育，同时提高了芽菜产量；而施加过量的外源钙则抑制芽菜的生长，甚至产生一定的毒副作用。该结果与报道的关于外源钙对大白菜、莴笋、花生生长及产量有提高作用相一致[17] [18] [19]。

不同浓度的外源钙浸种，可以改善芽菜的品质。本研究表明，低浓度外源钙处理促进亚麻芽菜中的维生素C、维生素E、可溶性糖、蛋白质含量的升高，高浓度钙则有抑制作用。该结果与刘晶晶[20]和袁伟玲[21]关于钙对番茄和小白菜的维生素C、维生素E、蛋白质、可溶性糖等研究相似。在亚麻芽菜生长期，适量外源钙对其品质有正效应，但浓度过高，品质下降，外源钙对亚麻不同品种的芽菜品质指标的影响还需从广度和深度上进行深入研究。

亚麻籽中的生氰糖苷可在葡萄糖酶的作用下生成具有毒性的氢氰酸[22]。本研究发现，当浸种液中钙浓度在3~6 mmol 范围内时，亚麻芽菜中的氰化物含量较CK组有所下降，氰化物含量最低为2.41 mg/kg。但当浸种液钙浓度较高在10~15 mmol 范围时，芽菜中的氰化物含量开始较CK组升高，最高为3.22 mg/kg。目前，我国还没有出台评价亚麻芽菜安全性的标准，但在GB 2715-2016《食品安全国家标准粮食》中规定木薯粉中氢氰酸含量应低于10 mg/kg，2017年欧盟发布直接食用的杏仁中氢氰酸标准为20 mg/kg。而本研究亚麻芽菜中氰化物最高含量为3.22 mg/kg 的数值均显著低于这两个标准，这也间接说明亚麻芽菜作为食品是安全的。

钙是人体所需的重要元素，每天必须补充适量的钙元素，人体中钙含量不足或过剩都会影响生长发育和健康。按照中国营养学会规定钙日供推荐标准量(儿童 800~1200 毫克；少年 1000~1200 毫克；成人与老年人 800 毫克；孕哺妇 1500 毫克)，假设每日食用外源钙浓度为15 mmol (我们实验设置的外源钙最

高浓度)培育的亚麻芽菜 100 g (干重), 能补充每日钙量为 162.25 mg, 远低于钙的可耐受最高摄入量(可耐受最高剂量: 2000~2500 mg/d)。因此, 按照正常的食用量进食这种高钙的亚麻芽菜不存在引发钙中毒的可能。

5. 结论

亚麻种子在萌发过程中能够吸收、富集微量元素钙, 且亚麻种子富集钙的作用随着外源钙浓度的增加而增大, 适当浓度的外源钙(3~6 mmol)浸种, 不仅能够促进亚麻种子的萌发和生长, 降低有害氰化物含量, 而且萌发后亚麻芽菜营养品质有所提高。

参考文献

- [1] 王启祥. 亚麻纤维开发利用初探[J]. 北京纺织, 2003, 24(4): 28-31.
- [2] 赵利, 党占海, 李毅, 等. 亚麻籽的保健功能和开发利用[J]. 中国油脂, 2006, 31(3): 71-74.
- [3] 孙爱景, 刘玮. 亚麻籽功能成分提取及其应用[J]. 粮食科技与经济, 2010, 35(1): 44-45.
- [4] Meagher, L.P. and Beecher, G.R. (2000) Assessment of Data on the Lignan Content of Foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, **13**, 935-947. <https://doi.org/10.1006/jfca.2000.0932>
- [5] 李宗哲, 李德远, 苏丹, 等. 我国芽苗菜生产现状及发展对策研究[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(23): 193-196.
- [6] 马先红, 刘景圣, 陈翔宇, 等. 我国发芽粮食及食品应用研究最新进展[J]. 粮食与油脂, 2015(12): 1-3.
- [7] Dueñas, M., Hernández, T., Estrella, I., *et al.* (2010) Germination as a Process to Increase the Polyphenol Content and Antioxidant Activity of Lupin Seeds (*Lupinus angustifolius* L.). *Food Chemistry*, **117**, 599-607. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.051>
- [8] Koyama, M., Nakamura, C. and Nakamura, K. (2013) Changes in Phenols Contents from Buckwheat Sprouts during Growth Stage. *Journal of Food Science and Technology*, **50**, 86-93. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0316-1>
- [9] Cho, S.Y., Yu, N.L. and Park, H.J. (2009) Optimization of Ethanol Extraction and Further Purification of Isoflavones from Soybean Sprout Cotyledon. *Food Chemistry*, **117**, 312-317. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.003>
- [10] 卢桂宾. 不同外源钙剂对壶瓶枣裂果率及品质的影响[J]. 山西林业科技, 2016, 45(3): 37-39.
- [11] 付雅丽, 王献革, 索向敏, 等. 外源钙对‘金太阳杏’果实品质的影响[J]. 中国园艺文摘, 2015(12): 30-30.
- [12] 王萌, 许孝瑞, 刘成连, 等. 钙营养对温室毛桃果实品质及生理生化特性的影响[J]. 中国农学通报, 2009, 25(8): 219-222.
- [13] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [14] 李高阳, 丁霄霖. 亚麻籽中氰化物定性定量方法的研究[J]. 食品工业科技, 2008(6): 291-292.
- [15] 沈晓东. 亚麻籽中植物雌激素活性作用物质木酚素提取分离及分析检测方法研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西北大学, 2010.
- [16] 刘佳. 钙离子对植物生长发育的研究概况[J]. 现代盐化工, 2021, 48(5): 137-138, 145.
- [17] 孙明德, 张琳, 曹兵, 等. 膏状叶面肥及液体钙对大白菜产量和品质的影响[J]. 中国农学通报, 2006, 22(6): 255-257.
- [18] 李冰, 王昌全, 冯长春, 等. 喷施不同钙肥对莴笋产量及品质的影响[J]. 中国农学通报, 2004, 20(2): 129-131.
- [19] 顾学花, 孙莲强, 张佳蕾, 等. 施钙对干旱胁迫下花生生理特性及产量的影响[J]. 花生学报, 2013, 42(2): 1-8.
- [20] 刘晶晶. 钙在土壤中的迁移转化和蔬菜富钙特性及影响因素研究[D]: [硕士学位论文]. 泰安: 山东农业大学, 2006.
- [21] 袁伟玲, 陈磊夫, 刘志雄, 吴金平, 袁尚勇. 外源钙对小白菜酶活性、钙含量及其产量和品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2020(6): 254-261.
- [22] 孙兰萍, 许晖. 亚麻籽生氰糖苷的研究进展[J]. 中国油脂, 2007, 32(10): 24-27.