



李敏. 富硒亚麻芽菜的制备方法研究[J]. 黑龙江农业科学, 2021(6): 67-72.

富硒亚麻芽菜的制备方法研究

李 敏

(黑龙江省农业科学院 植物保护研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:为开发培育富硒的亚麻芽菜,本研究以亚麻种子为载体,以不同浓度食品级亚硒酸钠浸种的方式,培育富硒且营养丰富的亚麻芽菜,以满足人们的营养保健需求。结果表明:亚麻种子在其萌发的过程能吸收并富集微量营养元素硒。亚麻种子对硒富集的作用将随着外源施加硒浓度的增大而增强,利用适量的外源硒($2.5 \sim 5.0 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Se}^{4+}$)浸种,不但能有效促进亚麻芽菜的生长,还能显著降低有害氰化物含量,并且发现萌发后的芽菜营养品质显著提高。但是当外源硒的浓度过高时,亚麻芽菜的营养品质和生长发育都处于不良状态,因此较高浓度的外源硒浸种对亚麻芽菜的培育是极其不利的。此外,若按照标准的食用量进食富硒的芽菜,几乎没有发生硒中毒的可能。因此,可以考虑将富硒的芽菜作为人体补充硒的优异膳食来源。

关键词:亚麻;富硒;营养;芽菜;制备

亚麻是我国重要的经济作物,世界上最古老的纤维作物之一。但近年来,大量优质、低价麻纤维不断进口,给我国亚麻产业带来了前所未有的冲击,加之缺乏自主知识产权的优良品种,导致亚麻种植面积不断缩小,产业化前景日趋暗淡。为了改变目前亚麻生产中的困难形势,在加强优质麻纤维品种选育的同时,还应加大亚麻籽的开发和利用,以满足人们日益增加的营养保健需求,从而提高亚麻的经济效益及市场竞争力。随着社会的进步和人们生活水平的不断提高,人们逐渐开始意识到饮食保健的重要性。因此,从植物中开发营养保健的绿色食品在世界各地受到了普遍欢迎。研究表明,亚麻籽中富含多种功能营养物质,如 α -亚麻酸、亚麻胶、亚麻蛋白、木酚素等^[1-3],亚麻籽是非常好的保健品原材料。

萌发被认为是一种常用的食品方面的生物加工技术,并且研究发现植物种子在萌发后的芽菜中整体的营养品质会在一定程度上得到提高^[4],在种子萌发对微量元素表现出明显的吸收和显著的富集。因此,为了满足人体对硒等微量元素的需求,可以在种子萌发成芽菜的过程中进行硒强化。近年来富硒蔬菜、富硒经济作物和富硒果品等保健性农产品备受青睐,因此开发富硒农副产

品将是农业发展的一个重要研究方向^[5]。徐暄等^[6]以水果型黄瓜为试验材料,当富硒生物有机肥施用量为 $600 \text{ mL} \cdot 667 \text{ m}^2$ 时,单果鲜重、产量、硒含量都达到最高,其中硒含量为对照的 70.63 倍,VC、可溶性糖和可溶性蛋白质等营养指标也有一定程度的提高。李婷婷等^[7]以豆瓣菜为试验材料,采用叶面喷施硒肥方式,研究了不同浓度硒对豆瓣菜生长、营养品质以及硒积累的影响。发现 $0.2 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ 硒处理为最佳叶面喷施浓度。

然而目前,关于外源硒浸种处理对亚麻芽菜中硒含量及生长的影响暂未见报道;而亚麻芽菜中重要的营养成分及有害物质是否受到外源硒处理的影响,也鲜有研究。因此,本研究以亚麻种子为材料,用不同浓度食品级亚硒酸钠浸种培育富硒亚麻芽菜,探究在亚麻种子萌发过程中进行硒强化的可能性,以期富硒亚麻芽菜作为人体补充硒的优异膳食来源,调剂人体硒营养提供借鉴。

1 材料与方法

1.1 材料

称取籽粒饱满,大小均匀,种皮完整的亚麻种子约 20 g。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 将亚麻种子分别用 1.5% 次氯酸钠溶液消毒 15 min。消毒结束后,用超纯水漂洗至无气味后,分别加入 150 mL 食品级亚硒酸钠溶液, Se^{4+} 浓度分别为 0 (CK), 2.5, 5.0, 10.0, 25.0, 50.0, 100.0 和 $200.0 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。然后将其置于 24°C 人工气候箱内浸种 12 h。取出

收稿日期:2021-03-24

基金项目:黑龙江省农业科学院“农业科技创新跨越工程”-经济作物科技创新专项(HNK2019CX06-01-03)。

作者简介:李敏(1964—),女,高级农艺师,从事农作物植保和栽培研究。E-mail:506059448@qq.com。

后,漂洗数次并沥干,放于预先用 1.5%次氯酸钠消毒处理且铺有一层灭菌滤纸的培养盒内铺平,将滤纸用超纯水淋湿(水深不要没过种子),将其置于人工气候箱内于 24 ℃条件下培养 96 h。每隔 6~8 h 补充一次超纯水,使滤纸始终保持湿润状态即可。

1.2.2 测定项目及方法 随机取 30 根亚麻芽菜苗,用游标卡尺测量芽菜的根长、下胚轴长和下胚轴粗。另外随机选择 50 根亚麻芽菜,擦干表面水分,称其鲜重,于 105 ℃下烘 30 min 后,将温度调制 80℃烘至恒重,计算芽菜的含水率。

芽菜中营养成分的测定:芽菜培育 96 h 后,用超纯水漂洗数次,于 30 ℃下烘干至恒重(注:温度过高会破坏亚麻芽菜中的营养成分,影响测定结果),研磨成粉,过 60 目筛,储存于干燥器中待测。

可溶性蛋白含量测定:参照 GB 5009.5—2010 中凯氏定氮法测定。

可溶性糖含量测定:采用苯酚法^[8]。

游离氨基酸总量测定:采用茚三酮溶液显色法^[8]。

总脂肪测定:参照 GB/T 5009.6—2003 中索氏提取法测定。

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;维生素 E 测定参照 GB/T 5009.82—2003 中的测定方法。

芽菜中氰化物含量测定:称取 0.3 g 烘干样品,参照改进的异烟酸-吡啶啉酮比色法^[9],结果以干重计。

芽菜中木酚素含量测定:称取 0.5 g 烘干样品,利用高效液相色谱法进行测定^[10],结果以干

重计。

芽菜中硒含量测定:准确称取烘干样品 2.0 g,采用硝酸-高氯酸消煮,利用原子荧光光谱测定亚麻芽菜中硒含量^[11]。

1.2.3 数据分析 数据均采用 3 次重复的平均值±标准差,并利用 SPSS 17.0 统计软件进行本研究中的差异显著性分析(Duncan 多重比较分析, $P=0.05$)。

2 结果与分析

2.1 对亚麻芽菜生长的影响

由表 1 可知,当浸种液中 Se^{4+} 浓度在 0~25.0 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 范围内时各指标总体表现较好。亚麻芽菜的下胚轴长、下胚轴粗和根长均呈现先增加后降低的趋势,芽菜中的含水率变化不明显。浸种液中硒浓度为 5.0 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ Se^{4+} 时,芽菜的下胚轴长、下胚轴粗和根长均达到最大值分别为 49.34,1.15 和 49.44 mm,分别高于 CK 组 76.97%、13.86%、102.71%。当浸种液中 Se^{4+} 浓度为 25.0 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,芽菜的下胚轴长、下胚轴粗和根长仍然高于 CK 组,分别高 21.20%、0.99%、14.97%。当浸种液中 Se^{4+} 浓度高于 50.0 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 后,芽菜的下胚轴长、下胚轴粗、根长及含水率均出现明显下降的趋势,且均低于 CK。以上结果说明适当浓度的外源硒浸种可以促进亚麻芽菜的生长(2.5~10 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ Se^{4+}),过高浓度却会抑制其生长(>50.0 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ Se^{4+})。但值得注意的是亚麻芽菜与其他植物不同,其表现出对高浓度硒更强的耐受性(25 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ Se^{4+}),这就表明亚麻芽菜可以作为硒强化植物食品的载体。

表 1 外源食品级硒浸种对亚麻芽菜生长的影响

Se^{4+} 浓度/($\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)	下胚轴长/mm	下胚轴粗/mm	根长/mm	含水率/%
0(CK)	27.88±4.71 c	1.01±0.11 b	24.39±6.78 c	87.55±2.55 e
2.5	40.32±2.85 e	1.01±0.06 b	34.37±3.55 e	86.56±3.14 d
5.0	49.34±4.54 f	1.15±0.01 f	49.44±2.12 g	85.28±2.16 bc
10.0	41.14±3.89 ef	1.03±0.05 cd	44.1±1.49 f	86.75±0.43 d
25.0	33.79±3.18 d	1.02±0.03 bc	28.04±2.42 d	86.44±0.77 d
50.0	27.15±4.64 c	1.06±0.11 e	26.11±1.19 cd	84.81±1.26 bc
100.0	18.54±2.12 b	0.96±0.07 a	19.99±1.14 b	82.47±0.59 a
200.0	12.66±4.45 a	1.06±0.05 e	10.7±1.32 a	83.49±2.33 ab

注:不同小写字母代表差异显著($P<0.05$),下同。

2.2 对亚麻芽菜中可溶性蛋白含量的影响

蛋白质是生命的物质基础,是人的必须营养素,几乎没有一种生命活动能离开蛋白质。食品级亚硒酸钠浸种后培育出的亚麻芽菜中蛋白质含量受到不同程度的影响如图1所示。在 Se^{4+} 浓度为 $2.5\sim 5.0\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,蛋白质含量从 $15.07\sim 15.61\ \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。当 Se^{4+} 浓度为 $2.5\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时芽菜中蛋白质含量达到最大值 $15.61\ \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$,与CK组相比增加了 5.04% 。但当 Se^{4+} 浓度在 $10.0\sim 200.0\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,芽菜中的蛋白质含量开始下降,最低为 $11.36\ \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$,比CK组降低 23.55% 。硒有调节蛋白质的合成的功能,适当浓度的外源硒浸种可以促进亚麻芽菜中蛋白质的合成,从而提高其含量。但当外源硒浓度过高时,会对植物产生一定得毒害作用,从而抑制蛋白质的合成。

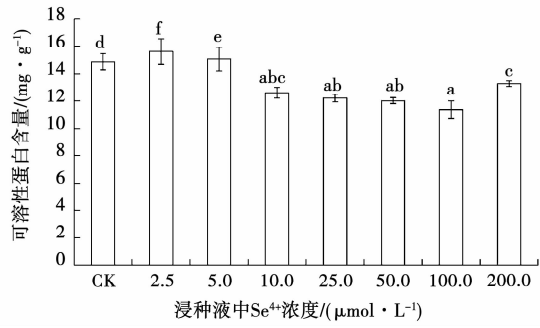


图1 外源食品级硒浸种对亚麻芽菜中可溶性蛋白含量的影响

2.3 对亚麻芽菜中可溶性糖含量的影响

可溶性糖是植物体内重要的渗透压调节物质,是一种易溶于水的糖,也是蔬菜和水果口味的有效调节剂,更是人体可以吸收和利用的有效碳水化合物。外源食品级亚硒酸钠浸种亚麻种子后,萌发获得的亚麻芽菜中可溶性糖含量受到的影响如图2所示。 Se^{4+} 浓度在 $0\sim 50.0\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,芽菜中的可溶性糖含量呈先降低后升高再降低的趋势,但各浓度处理下芽菜中的可溶性糖含量均高于CK组,增加幅度为 $10.59\%\sim 45.79\%$ 。当浸种液中 Se^{4+} 浓度为 $2.5\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,芽菜中可溶性糖含量最高为 $34.67\ \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$,较CK组增加 45.79% 。但当浸种液 Se^{4+} 浓度高于 $100.0\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,芽菜中的可溶性糖含量开始下降且低于CK组。

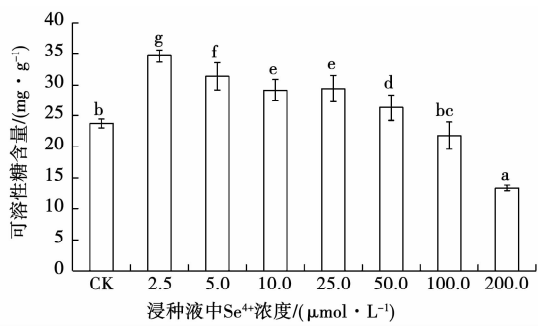


图2 外源食品级硒浸种对亚麻芽菜中可溶性糖的影响

2.4 对亚麻芽菜中游离氨基酸总量的影响

氨基酸是人体能量的源泉,人体代谢所不可缺少的荷尔蒙、神经传递物质、酵素、起着受容体和脂质的体内输送作用的高密度脂蛋白质类等物质的构成,以及新陈代谢各个机能所必需的物质。总而言之,氨基酸不但是构成人体各部分的根本性基础要素,还是各部分的生成代谢,以及人体所有代谢所不可或缺的物质,是维持生命必不可少的营养素。由图3可知,当浸种液中 Se^{4+} 浓度在 $2.5\sim 50.0\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,芽菜中的游离氨基酸总量呈现先升高后降低的变化趋势。当浸种液中 Se^{4+} 浓度为 $5.0\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,芽菜中的游离氨基酸总量最高达到 $22.64\ \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$,比CK高 13.26% 。但当浸种液 Se^{4+} 浓度高于 $50.0\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 后,芽菜中游离氨基酸总量开始低于CK组。说明外源硒浸种浓度处于中低水平时可以促进芽菜中部分蛋白质降解为氨基酸,但当外源硒浓度过高时,蛋白质的合成受到阻碍,且降解也受到抑制。

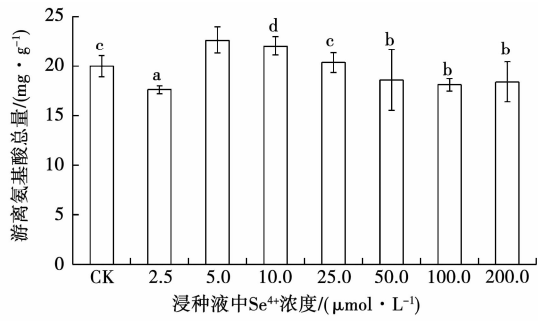


图3 外源食品级硒浸种对亚麻芽菜中游离氨基酸总量的影响

2.5 对亚麻芽菜总脂肪比例的影响

植物总脂肪是必需脂肪酸的重要来源,为了满足人体的需要,在膳食中不应低于总脂肪来源

的50%。因此,每日摄入一定量的植物脂肪是人体健康所必须的。不同浓度的外源硒浸种,对萌发后的亚麻芽菜中总脂肪的比例具有一定的影响如图4所示。当对亚麻芽菜外源施加 Se^{4+} 浓度在 $2.5\sim 10.0\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,芽菜中总脂肪比例较CK组升高,外源 Se^{4+} 浓度为 $5.0\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时达到最高值40.14%,较CK组升高24.12%。但当 Se^{4+} 浓度大于 $25.0\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,芽菜中总脂肪比例开始出现略微下降的趋势。

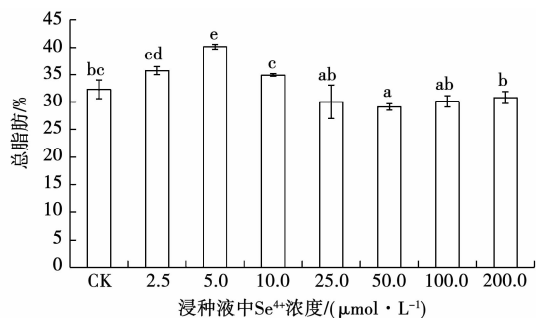


图4 外源食品级硒浸种对亚麻芽菜中总脂肪比例的影响

2.6 对亚麻芽菜中维生素C含量的影响

维生素C是知名度最高的维生素“明星”之一。它在美白皮肤、预防色斑方面功能显著;在抗氧化、抗衰老、预防心血管疾病等方面也备受关注。不同浓度外源硒浸种,对萌发后的亚麻芽菜中维生素C的含量影响如图5所示。外源 Se^{4+} 浓度在 $0\sim 200.0\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,芽菜中的维生素C含量呈现先波浪型变化趋势,即升高-降低-升高-降低-升高。当浸种液中 Se^{4+} 浓度为 $2.5\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时维生素C含量最高达到 $14.40\ \text{mg}\cdot 100\ \text{g}^{-1}$,比CK组增加29.96%。当浸种液中 Se^{4+} 浓度为 $100.0\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时维生素C含量最低为 $10.89\ \text{mg}\cdot 100\ \text{g}^{-1}$,比CK组降低1.7%。

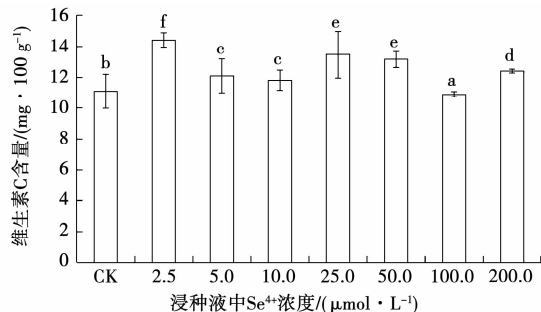


图5 外源食品级硒浸种对亚麻芽菜中维生素C含量的影响

2.7 对亚麻芽菜中维生素E含量的影响

每日补充维生素E对于每个人来说非常的重要。由图6可知,当对亚麻种子利用不同浓度食品级硒浸种后,萌发的亚麻芽菜中维生素E的含量发生了变化。浸种液中 Se^{4+} 浓度在 $2.5\sim 200.0\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,芽菜中的维生素E含量的变化趋势呈现出逐渐降低的趋势,但均高于CK组。当浸种液中 Se^{4+} 浓度为 $2.5\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,芽菜中的维生素E含量达到最大为 $57.31\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,比CK组增加11.86%。当浸种液中 Se^{4+} 浓度为 $200\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,芽菜中的维生素E含量最低为 $52.46\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,仍比CK组增加2.4%。

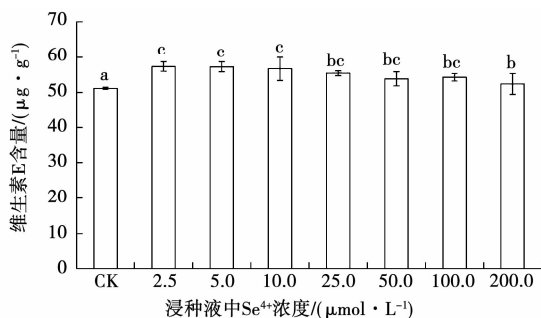


图6 外源食品级硒浸种对亚麻芽菜中维生素E含量的影响

2.8 对亚麻芽菜中氰化物的含量影响

亚麻籽在不同浓度硒浸种萌发后氰化物含量的变化如图7所示。当浸种液中 Se^{4+} 浓度在 $2.5\sim 5.0\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $50.0\sim 100.0\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,亚麻芽菜中的氰化物含量较CK组有明显下降,降低比例分别在13.56%~24.56%和8.95%~12.76%。当浸种液中 Se^{4+} 浓度为 $2.5\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,芽菜中氰化物含量最低为 $1.98\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。但当浸种液 Se^{4+} 浓度在 $10\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,芽菜中的氰化物含量最高为 $3.21\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

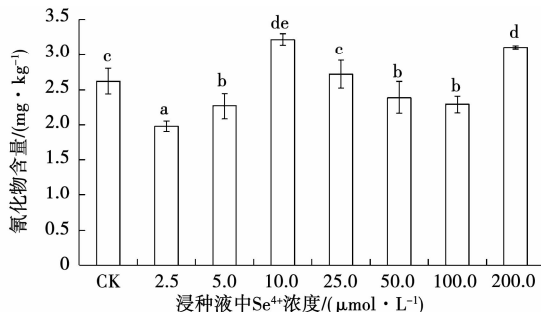


图7 外源食品级硒浸种对亚麻芽菜中氰化物含量的影响

2.9 对亚麻芽菜中木酚素含量的影响

亚麻木酚素叫开环异落叶松酚二葡萄糖苷,主要存在于亚麻籽中。不同浓度硒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 Se^{4+} 浓度处于 $2.5\sim 25.0\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,芽菜中木酚素含量先升高后降低,较 CK 组高 $21.65\%\sim 64.97\%$ 。当浸种液中 Se^{4+} 浓度为 $10.0\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,芽菜中木酚素含量最高,比 CK 高 64.97% 。但当浸种液中 Se^{4+} 浓度 $> 50.0\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,芽菜中木酚素含量开始呈现倒“V”型的下降趋势。说明适当浓度外源硒刺激可以明显提高亚麻芽菜中木酚素的含量,这就大大提升了亚麻芽菜的功能保健作用及利用价值。

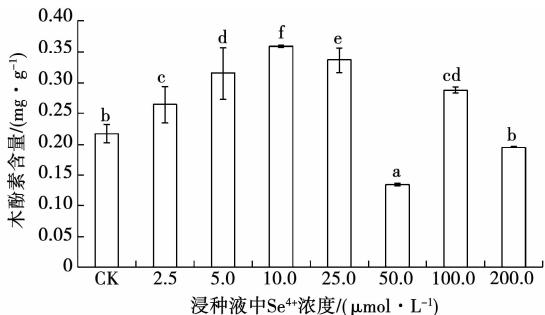


图 8 外源食品级硒浸种对亚麻芽菜中木酚素含量的影响

2.10 对亚麻芽菜中硒积累的影响

本研究利用不同浓度外源食品级硒浸种亚麻种子,对其萌发的芽菜中硒含量进行测定如图 9 所示。食品级亚硒酸钠溶液浸种能够显著增加亚麻芽菜中硒的含量。本研究参考的 Se^{4+} 浓度范围为 $0\sim 200.0\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,亚麻芽菜中的硒含量随着浸种液中硒浓度的升高而增加,与 CK 相比增加幅度达到 $50.00\%\sim 419.26\%$ 。按照世界卫

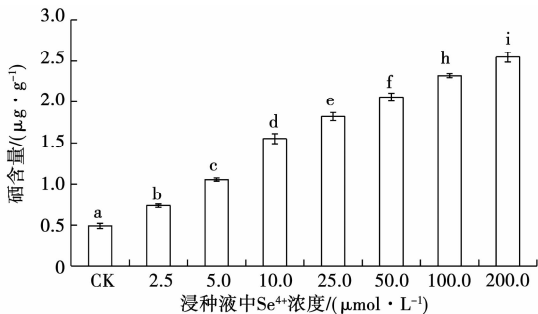


图 9 外源食品级硒浸种对亚麻芽菜中硒含量的影响

生组织(WHO)推荐健康成年人每天硒的摄入量为 $50\sim 200\ \mu\text{g}$,可耐受的最高摄入量为 $400\ \mu\text{g}$,没有男女性别的差异。假设每日食用本研究设置的最高外源 Se^{4+} 浓度为 $200\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 培育的亚麻芽菜 $200\ \text{g}$ (鲜重),能够提供每日补充硒量为 $40\ \mu\text{g}$,远低于硒可耐受的最高摄入量。

3 结论与讨论

大量研究表明,外源施加硒在提高植物体内硒含量的同时,也可显著影响植物的生长发育及整体的营养品质。本研究发现亚麻的种子在其萌发的过程能吸收并富集微量营养元素硒。亚麻种子对硒富集的作用将随着外源施加硒浓度的增大而增强,利用适量的外源硒($2.5\sim 5.0\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\ \text{Se}^{4+}$)浸种,不但能有效促进亚麻芽菜的生长,还能显著降低有害氰化物含量,并且发现萌发后的芽菜营养品质显著提高。本研究与贾莉芳等^[12]在核桃上的研究结果相似,外源硒浓度 $20\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,核桃果实中硒含量较对照提高 $5.67\sim 15$ 倍;叶面外源喷施硒 $0.33\sim 0.50\ \text{mL}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,可以明显提高草莓果实的风味及品质^[13]。何彩梅等^[14]研究表明富硒山楂中镉、铅、铬等有害重金属含量明显低于普通的山楂,而总游离氨基酸、VC、可滴定酸和可溶性糖的含量较普通的山楂显著增加,分别增加了 $9.5\%\sim 17.3\%\sim 29.0\%$ 和 8.4% 。但本研究发现外源硒浓度过高时,从亚麻芽菜的生长到营养品质来看,芽菜都处于极其不良的状态,因此过高浓度的硒对于芽菜的培植是不利的。从其他作物的研究来看,外源硒对植物生长发育及品质的影响与硒肥中硒的浓度有关。朱磊等^[15]发现, $2.5\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 外源硒处理显著提高鲜萝卜产量,而 $40.0\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 硒处理对鲜萝卜果实生长发育具有明显的抑制作用。张海英等^[16]研究发现枣和草莓的外源硒最适浓度分别为 10.0 和 $5.0\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。外源施加恰当浓度的硒肥不仅可显著提高甜玉米籽粒中的硒含量,而且可以明显改善其口感,同时还可以提高玉米鲜穗产量^[17]。此外,按照正常食用量食用这种富硒的亚麻芽菜,几乎没有发生硒中毒的可能。因此,可以考虑将其作为人体补充硒营养的一种优异的膳食来源,这对提高人体硒

营养具有重要意义。

当对亚麻外源施加 Se^{4+} 浓度为 $2.5 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,芽菜中蛋白质含量、可溶性糖含量、维生素 C 含量、维生素 E 含量达到了最高值。当外源施加 Se^{4+} 浓度为 $5.0 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,芽菜中游离氨基酸总量和总脂肪比例达到了最高值。当浸种液中 Se^{4+} 浓度为 $10.0 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,芽菜中木酚素含量最高。每日食用本研究设置的最高外源硒浓度培育的亚麻芽菜 200 g,能够提供每日补充硒量为 $40 \mu\text{g}$,远低于硒可耐受的最高摄入量。亚麻芽菜可以作为硒强化植物食品的载体。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] MEAGHER L P, BEECHER G R. Assessment of data on the lignan content of foods[J]. Journal of Food Composition and Analysis,2000,13(6):935-947.
- [4] MEGAT R M R, AZRINA A, NORHAIZAN M E. Effect of germination on total dietary fibre and total sugar in selected legumes[J]. International Food Research Journal, 2016, 23(1):257-261.
- [5] 卢建新,张仲欣,任丽影. 富硒食品加工现状与发展分析[J]. 农产品加工(学刊),2014(21):45-47.

- [6] 徐暄,顾艳,孙其文. 富硒氨基酸生物肥在水果型黄瓜上施用效果研究初报[J]. 安徽农学通报,2012,18(23):96-97.
- [7] 李婷婷,韩承华,周增辉,等. 硒之源对豆瓣菜生理特性、营养品质及硒含量的影响[J]. 长江蔬菜,2013(18):120-123.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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]. 西安:西北大学,2010.
- [11] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准食品中硒的测定:GB5009.93-2017[S]. 北京:中国标准出版社,2017.
- [12] 贾莉芳,张清元,丁欣欣,等. 叶面喷硒对不同核桃品种果实品质的影响[J]. 山西农业科学,2019,47(4):620-623.
- [13] 鞠明岫,李小燕,马强,等. 不同硒浓度处理对草莓果实品质的影响研究[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版),2019,40(2):15-18.
- [14] 何彩梅,何忠伟,吴桂容,等. 硒对大果山楂重金属含量及品质的影响[J]. 食品工业,2018,39(3):212-214.
- [15] 朱磊,胡婷,刘德明,等. 叶面喷施硒对萝卜硒吸收及抗氧化能力的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(3):127-131.
- [16] 张海英,韩涛,田磊,等. 桃、枣和草莓对硒的吸收及富集特性研究[J]. 果树学报,2010,27(5):802-806.
- [17] 黄爱花,黄开健,彭楷,等. 叶面喷施硒肥对甜玉米籽粒富硒、重金属含量及产量的影响[J]. 南方农业学报,2019,50(1):40-44.

Study on Preparation Method of Flax Sprout Rich with Selenium

LI Min

(Institute of Plant Protection, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)

Abstract: In order to develop selenium rich flax sprouts, flax seeds were used as carriers and soaked with different concentrations of food grade sodium selenite to cultivate selenium rich and nutritious flax sprouts. The possibility of selenium enrichment during flax seed germination was discussed from the perspectives of growth indexes, important nutrients and harmful cyanide contents. The results showed that flax seeds could absorb and enrich trace element selenium during germination, and the effect of enriching selenium in flax seeds increased with the increase of the concentration ($2.5-5.0 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{Se}^{4+}$) of exogenous food grade selenium seed soaking could not only promote the growth and development of flax sprouts, but also reduce the content of cyanide, and improve the nutritional quality of flax sprouts after germination. However, when the concentration of exogenous selenium is too high, the sprouts are in a bad state from the growth and development to the nutrient content, so the high concentration of selenium solution soaking is unfavorable for the cultivation of sprouts. In addition, according to the normal consumption, the possibility of zinc poisoning caused by eating this selenium rich flax sprout is very small, so it can be considered as an excellent dietary source of selenium for human body.

Keywords: flax; selenium enrichment; nutrition; sprouts; preparation