

# 富硒蔬菜的研究进展

刘少梅<sup>1</sup>, 王丽娟<sup>1</sup>, 切岩祥和<sup>2</sup>, 马 钊<sup>1</sup>

(1. 天津农学院 园艺系, 天津 300384; 2. 静冈大学 农学部, 日本 静冈 4228529)

**摘 要:**硒作为人体必需的微量元素,其医疗保健价值越来越受到人们的重视,而富硒蔬菜更有利于人体吸收硒元素,是近年来富硒研究的热点。现从硒对人体的健康价值、硒对蔬菜生长发育和增强蔬菜抗性等方面论述了富硒蔬菜研究的意义;同时对硒元素的发展状况、蔬菜富硒规律、提高蔬菜富硒研究以及人体对硒的摄入量和富硒蔬菜标准等方面进行了探讨;同时提出了目前富硒蔬菜研究中存在的问题及发展方向。

**关键词:**富硒;蔬菜;研究进展

**中图分类号:**S 63 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)11-0177-05

人体生长发育离不开微量元素硒,硒在疾病防治、提高人体免疫系统和防止衰老等方面具有很重要的意义<sup>[1]</sup>,因而硒有“生命的保护剂”、自由基的“清道夫”、“抗癌之王”等称号。中国营养学会 1988 年的推荐标准是 50  $\mu\text{g}/\text{d}$ ,但是对中国 13 个省市的营养调查表明,成人每日的摄硒量仅为 26.63  $\mu\text{g}$ <sup>[2]</sup>,相关研究也表明,世界上有 2/3 的地区、中国 72% 的县市不同程度缺硒<sup>[3]</sup>。缺硒现象普遍存在,这是因为人体内的大部分硒元素是通过食物摄取<sup>[4]</sup>,如果人们的食物中硒含量偏低,就会导致人体缺硒。目前人们通过 2 种方式补充硒元素,第 1 种是补充无机硒,无机硒主要是含有亚硒酸钠的食品添加剂、保健品或药物等;第 2 种是补充有机硒,有机硒多是野生、天然硒含量高的食品,如蔬菜、水果、粮食等。有机硒与无机硒相比,具有食用安全、口感好、无毒副作用、吸收利用率高、营养价值高、经济实惠的优点,Finley 等<sup>[5]</sup>的研究也表明,进食生物硒是最有效安全的补硒方式,因此补充有机硒越来越成为现代人们防病、保健的选择。

蔬菜在广大城乡居民的日常生活中占有举足轻重的地位,是人们日常饮食中的必需品。蔬菜可提供人体所必需的多种维生素、矿物质和膳食纤维等,据 1990 年

国际粮农组织统计,人体必需的 90% 的维生素 C 和 60% 的维生素 A 均来自蔬菜。另外,蔬菜生长迅速、利用率高、食用方便,相对于水果、粮食类作物,蔬菜植株含硒量更高<sup>[6]</sup>。因此,开展富硒蔬菜的研究并进行大力推广具有重要的现实意义。

## 1 富硒蔬菜的开发意义

### 1.1 硒对人体的医疗价值

硒元素是谷胱甘肽过氧化物酶不可缺少的组成部分,此酶的作用是通过还原型谷胱甘肽保护人体红细胞,以避免过氧化氢等有毒代谢物质的堆积,大大降低了癌细胞的发生和发展<sup>[7]</sup>,丛建民<sup>[8]</sup>指出,硒可抑制结肠癌、肝癌、乳腺癌、肺癌、前列腺癌和白血病等多种肿瘤的发生和发展。硒和重金属有很强的亲和力,如硒能与体内铅、汞、铊等重金属结合形成金属-硒-蛋白质复合物(络合物),达到解毒、排毒的目的,对环境污染地区的人群有较好的防毒功效<sup>[9]</sup>,因此硒被誉为“重金属的天然解毒剂”。硒还能保护人体肝脏,因为硒既能以活性因子的身份增强谷胱甘肽过氧化物酶的活性,消除破坏肝细胞的自由基,又可提升维生素 E 的效力,双管齐下养肝护肝,从根本上预防了脂肪肝、肝炎等肝病的发生,中国医学科学院肝癌研究所的专家,用补硒的办法来防治肝炎,结果肝炎发病率下降 56%,其治愈率达 92%。此外,硒还可降低黄曲霉菌毒素的毒性<sup>[10]</sup>,硒还有增强人体免疫力、预防心血管疾病、抗肿瘤、养颜抗衰老等多种生物学功能,对艾滋病、甲状腺病、大骨节病、帕金森病等均有一定的调节作用<sup>[11-15]</sup>。

### 1.2 硒与蔬菜生长发育

1.2.1 促进蔬菜种子萌发,调节植株生长 硒对蔬菜生长发育的作用依据硒浓度、施加方式、蔬菜种类和采收时间而异,硒对蔬菜的种子和植株发育均起到调节作

**第一作者简介:**刘少梅(1989-),女,硕士研究生,现主要从事设施蔬菜栽培与生理等方面的研究工作。E-mail: 1529730511@qq.com.

**责任作者:**王丽娟(1971-),女,副教授,天津市青年骨干教师,沈阳农业大学在站博士后,现主要从事设施蔬菜栽培与生理等研究工作。

**基金项目:**天津市千人计划资助项目(津 2012-77);天津市青年骨干教师资助项目。

**收稿日期:**2014-01-20

用,且这种调节作用与硒处理水平有关,适量或较低水平的硒对蔬菜生长起促进作用,高浓度的硒则抑制蔬菜生长。前人研究发现硒能促进蔬菜种子的萌发,并且这种促进作用与硒浓度有密切的关系,适宜浓度的硒处理蔬菜种子能促进其萌发,浓度高时则对种子产生毒害作用<sup>[16-18]</sup>。施和平等<sup>[19]</sup>将番茄栽培到含亚硒酸钠的营养液中,结果表明溶液硒浓度低于 0.1 mg/kg 时促进幼苗生长,0.05 mg/kg 时的长势最佳,高于 0.5 mg/kg 则抑制生长。另外,段曼莉等<sup>[20]</sup>研究了不同含量的亚硒酸钠和硒酸钠胁迫对 4 种蔬菜生长、硒吸收及转运特征的影响,结果表明,低含量的硒酸钠态硒(1.45 mg/kg)可促进 4 种蔬菜的根和茎的生长,增加其生物量,但过量硒酸态硒(2.04 mg/kg)对蔬菜有明显的毒害作用,且硒酸钠的毒害作用大于亚硒酸钠。

1.2.2 提高蔬菜产量和品质 施加硒能有效改善蔬菜的品质,尚庆茂等<sup>[21]</sup>试验结果表明,加硒能促进水培生菜茎叶中总糖、还原糖、叶绿素、维生素 C 的含量,提高生菜的品质;王晋民等<sup>[22]</sup>研究发现叶面施加硒,胡萝卜肉质根中总糖、胡萝卜素、粗纤维等均有不同程度的提高,产量也有一定程度的增加。施加硒不仅能提高蔬菜中糖的含量,也能提高氨基酸含量;冯两蕊等<sup>[23]</sup>对生菜喷施加硒溶液提高了生菜可食用部位中氨基酸、维生素 C 的含量;史衍玺等<sup>[24]</sup>试验表明,施加硒能增加结球白菜体内必需氨基酸含量和氨基酸总量,其中苯丙氨酸和精氨酸较对照分别增加 1.0 倍和 2.5 倍。由此可见,施加硒能提高蔬菜氨基酸尤其是人体必需氨基酸含量,从而提高蔬菜中优质蛋白质的合成<sup>[25]</sup>。

1.2.3 增强蔬菜抗性 硒还能对土壤盐渍化、重金属等逆境胁迫产生一定的缓解作用<sup>[26-27]</sup>。杨晓慧等<sup>[28]</sup>研究发现,不同盐浓度下添加硒均能不同程度地减轻盐对生菜的胁迫作用,表现为生菜植物生物量和茎粗的增加。郁建锋等<sup>[27]</sup>研究了不同浓度的硒对铅胁迫下豌豆幼苗生长发育的影响发现,当硒浓度低于 1.0 mg/L 时能缓解铅的胁迫效应,当其浓度为 10.0 mg/L 时硒则同铅发生协同作用,加剧对豌豆幼苗的毒害作用。段咏新<sup>[29]</sup>添加 1 mg/kg 亚硒酸钠到大蒜 Hoagland 培养液中,按常规砂基培养生产富硒大蒜,硒含量由原来 0.127 mg/kg 增到 72.15 mg/kg,并且这种大蒜对金黄色葡萄球菌、黄曲霉、黑曲霉、啤酒酵母的抑制增强,说明富硒大蒜有增加抑菌的作用。

## 2 富硒蔬菜的研究现状

### 2.1 硒元素的发展概况

人类对硒元素的研究与开发过程总体分为 3 个阶段:20 世纪 50 年代前人们研究的是硒的毒性,20 世纪 70 年代后开始研究硒的营养作用,20 世纪 90 年代以后深入研究硒的生理作用,并开始进行开发与应用<sup>[30]</sup>。早

在 1817 年瑞典化学家 Berzelius 就发现了元素硒,但在医学上直到 1934 年人们才发现动物的“碱土病”和“蹒跚育”2 种疾病是由于动物吃了含硒量过高的植物引起的硒中毒,从此人们一直把硒当成有害元素<sup>[31]</sup>。1957 年美国科学家 Schwarz 和 Foltz 等报告硒是阻止大鼠食饵性肝坏死的第 3 因子的主要组分,使人们从一个崭新的角度来研究硒<sup>[32]</sup>。可成友等<sup>[33]</sup>报道指出, Schwarz 等人又经过几十年的研究证明,人体的 40 多种疾病与缺硒有关,如癌症、贫血、脑血管疾病、肝炎、白内障、糖尿病等<sup>[33]</sup>,1973 年世界卫生组织(WHO)正式宣布硒是人体必需的微量元素之一,有关硒对人、动物及植物的功效才逐渐被揭示<sup>[34-35]</sup>,1980 年我国的杨光圻<sup>[36]</sup>教授在第 3 次国际微量元素学术讨论会上提出硒与克山病防治关系的研究成果,被认为是硒研究历史上又一次突破。1989 年中国营养学会等机构正式确定了人体对硒的适宜、安全摄入量,1990 年以来国内外相继开发了富硒农产品,目前富硒蔬菜已经成为农业开发中的一个新亮点。

### 2.2 蔬菜的富硒规律研究

植物吸收硒的主要来源是土壤中的硒,植物对土壤中硒的吸收与植物种类、土壤硒含量、土壤质地、pH 值、土壤氧化还原电位、土壤水分含量、土壤盐度等因素有关<sup>[37]</sup>,不同性质的土壤中,无论是原土硒还是外加硒,其有效硒含量高低顺序均为潮土>褐土>棕壤土<sup>[38]</sup>,另外土壤酸碱度和氧化还原状态对土壤硒的分布和有效性也有很大的影响,一般酸度越强,土壤对硒的吸附固定能力越强<sup>[39]</sup>。前人研究表明不同种类蔬菜、同一种类蔬菜的不同器官,对硒的吸收均存在一定的差异,总体而言,甘蓝、莴苣、菠菜等叶菜类蔬菜富硒能力大于黄瓜、番茄、辣椒等茄果类蔬菜,不同类型蔬菜可食用部分富硒能力依次为葱蒜类>白菜类>绿叶菜类>豆类>瓜类>薯芋类>茄果类<sup>[40]</sup>。段曼莉等<sup>[41]</sup>供试的 4 种蔬菜中,小白菜具有较高的将硒从地下转运到地上的富集能力,且拥有较高的地上生物量;吴军等<sup>[42]</sup>研究发现番茄经硒处理后,硒被其根系很快吸收,并运输至植株其它各器官,其吸收、运转的总量随吸收时间的延长而逐渐增加,植株总硒量在各部位分布顺序为根>叶>茎,在叶子中的分布则是自下而上递增,开花结实期植株各部位积累顺序为根>果实>花>茎>叶。随着硒处理时间的延长,硒在蔬菜植株中的分布逐渐由生理活性低的部位向生理活性高的部位转移<sup>[43]</sup>,硒在蔬菜组织中的分布与各部位的生理活性、接受硒营养的时间有很大关系,结果期喷硒对蔬菜硒吸收率最有利,开花期次之,苗期最差,对有机硒转化率而言,开花期喷施效果最好,结果期次之,苗期最差<sup>[44]</sup>。

### 2.3 提高蔬菜含硒量的研究

目前,在提高蔬菜含硒量的研究方面,大量研究已

经充分证实了增施外源硒可以明显提高蔬菜体内硒的含量,如孙发仁<sup>[25]</sup>用不同浓度的亚硒酸钠溶液喷施油菜、小白菜、黄瓜、西葫芦、西红柿、芸豆、芹菜和生菜,结果发现蔬菜喷施适量无机硒能有效提高蔬菜营养器官及果实中硒的含量且叶菜类蔬菜由于叶面喷施硒能直接吸收,所以硒的含量提高幅度较大。王晋民等<sup>[22]</sup>以胡萝卜为试材,叶面喷施了不同浓度的硒,结果发现叶面施硒能显著提高胡萝卜中全硒、有机硒和无机硒的含量,施外源硒的浓度与各蔬菜中积累的硒含量呈正相关;李登超等<sup>[45]</sup>试验结果显示,施加硒使小白菜的地下部和地上部的硒含量显著高于对照;刘雁丽等<sup>[46]</sup>、吴永尧等<sup>[47]</sup>、黄志立等<sup>[48]</sup>分别在豆芽菜上的研究结果进一步证实了上述观点。提高作物含硒量的方法主要有土壤施硒、叶面喷硒、水培施硒和拌种,都是通过增施外源硒来提高植物中的硒含量<sup>[49]</sup>;施和平等<sup>[50]</sup>在营养液中施 0.05 mg/kg 硒水培番茄幼苗,结果发现硒可促进番茄生长,而土壤施硒能改善番茄品质,而且产量也在一定程度上得到提高<sup>[51]</sup>;史衍玺等<sup>[52]</sup>研究了不同施硒方式下小白菜对硒的吸收与积累的特性最后得出结论,土壤施硒或叶面喷硒均可显著提高小白菜体内的含硒量,但硒肥喷施与土施相比,叶面喷施是提高小白菜含硒量的有效方式。其他学者对其它作物进行土壤表面施硒、叶面施硒的试验,也取得了相同的结果<sup>[53-54]</sup>。前人研究证明,土壤施硒量大、投资高,拌种不易操作,且拌种与土壤施硒均易污染环境,而通过叶面喷硒的方式补充硒的不足,不但操作方便、经济有效,而且安全无污染,但其效果与作物种类、喷施时期、次数和硒浓度等有关<sup>[55]</sup>。

富硒蔬菜的硒含量显著高于常规蔬菜,而且通过研究发现,富硒蔬菜中的硒主要以有机硒的形态存在,生理活性高,易被人体吸收<sup>[56]</sup>,且能预防和治疗与硒相关的一些人类疾病,进食生物硒是最为安全有效的补硒方式,可见富硒蔬菜为人类保健开辟了一个新方向。

#### 2.4 人体对硒的适宜摄入量和富硒蔬菜的标准的研究

自世界卫生组织(WHO)于 1973 年正式宣布硒是人体必需的微量元素之一以来,关于人体含硒总量报告数字不一,有 6 mg 者亦有 14~21 mg 者。硒主要分布在除脂肪外的所有组织中,而以肝、胰、肾、心、脾、牙釉质和指甲中含量最多。1976 年召开的第一届(硒在生物学和医学中作用)国际学术讨论会上,推荐成人每日硒的最低需要量为 60  $\mu\text{g}/\text{d}$ ,营养学专家指出,人体中血硒的含量标准值为 0.11  $\mu\text{g}/\text{g}$ ,低于此值有可能发生缺硒症,我国营养学会推荐人体摄入硒的标准见表 1<sup>[57]</sup>。

中国营养学会及 FAO/WHO/IAEA 联合专家委员会 1989 年正式确定人体对硒的适宜摄入量为 50~250  $\mu\text{g}/\text{d}$ ,相对应的全血硒量为 0.1~0.34 mg/L,安全剂量为 400  $\mu\text{g}/\text{d}$ ,中毒剂量为 800  $\mu\text{g}/\text{d}$ <sup>[58]</sup>,由于硒的需

要量与中毒量之间范围小,所以我国根据科学研究的成果,国家制定了 GB13105-1991《食品中硒限量卫生标准》,其中蔬菜(包括薯芋类)含硒限量标准 $\leq 0.1 \text{ mg}/\text{kg}$ ,杜振宇等<sup>[40]</sup>研究发现我国大部分蔬菜可使用部分硒含量普遍偏低,可见开发富硒蔬菜任务艰巨。

表 1 中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所公布的硒需要量

硒的人体需要量	需硒量/ $\mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$	全血硒量/ $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$
硒的最低需要量	17	约 0.005
硒的生理需要量	40	约 0.1
硒的界限中毒量	800	约 1.00
推荐膳食供给范围	50~250	约 0.1~0.4
膳食硒最高安全摄入量	400	约 0.6

### 3 富硒蔬菜研究中存在的问题及发展方向

目前对富硒蔬菜的研究主要集中在硒对蔬菜的营养,如喷施硒肥对蔬菜生长发育、产量和品质等的影响,土壤含硒量与蔬菜含硒量的关系以及硒在蔬菜各个部位的分布等方面,而在蔬菜对硒的吸收、有机态转化的生理机制和富硒蔬菜的育种及遗传分析方面的研究较少,今后应对硒元素在植物体内的代谢调节以及富硒蔬菜遗传育种方面做深入研究。

提高蔬菜硒含量的方法比较单一,主要通过土壤施硒和叶面喷硒来提高蔬菜中的硒含量,拌种及其它方法研究相对较少。土壤是硒营养的主要来源,但土壤硒的有效性受多种因素的影响和制约,如土壤的硒含量、硒形态、酸碱性等,都可能影响蔬菜对土壤硒的吸收,吴永尧等<sup>[59]</sup>研究发现土壤中的硒含量高,而吸收利用的有效性低,因此增加土壤中硒的有效性也是今后要继续研究的问题。

#### 参考文献

- [1] 丁良,单金媛,王秀梅,等. 中草药中硒的生物功能及测定方法研究进展[J]. 中草药,2003,34(3):280-283.
- [2] Taylor J B, Marchello M J, Finley J W, et al. Nutritive value and display-life attributes of selenium-enriched bee-fmuscule foods [J]. Journal of Food Composition and Analysis,2008,21:183-186.
- [3] Cao Z H, Wang X C, Yao D H, et al. Selenium geochemistry of paddy soils in Yangtze River delta[J]. Environment International,2001,26:335-339.
- [4] Sanjiv K Y, Ishwar S, Anita S, et al. Selenium status in food grains of northern districts of India[J]. Journal of Environmental Man-agement,2008,88:770-774.
- [5] Finley J W, Davis C D. Selenium (Se) from high-selenium broccoli is utilized differently than selenite, selenate and se-lenome-thionine, but is more effective in inhibiting colon carcinogenesis [J]. Bio Factors, 2001 (14): 191-196.
- [6] 呼世斌,薛澄泽,李嘉瑞,等. 食物链植物施硒的研究进展[J]. 西北农业学报,1996,5(3):87-90.
- [7] 邹宇,于俊林,徐品,等. 硒及微生物富硒研究进展[J]. 食品研究与开发,2006,27(9):171-172.
- [8] 丛建民. 人体内硒的生物学功能[J]. 生物学教学,2008,33(6):9-10.
- [9] 刘秀丽,丛桂秀,滕祖坤. 浅谈富硒果品及其生产技术[J]. 烟台果树,2010(4):8.

- [10] 姚莉. 微量元素硒与生物体健康[J]. 广东微量元素科学, 2004, 11(2): 8-13.
- [11] 连国奇, 全双梅, 秦趣. 贵州省开阳地区富硒农作物分析[J]. 安徽农学通报, 2011, 17(13): 128-129.
- [12] 黄凯丰, 时政, 冯健瑛. 富硒蔬菜的研究现状[J]. 长江蔬菜, 2011(10): 14-17.
- [13] 徐小莲, 伍映辉. 富硒瓜菜的研究前景[J]. 农村经济与科技, 2011, 22(9): 18-19.
- [14] 宋明义, 黄春雷, 董岩翔, 等. 浙江富硒土壤成因分类及开发利用现状[J]. 上海地质, 2010(31): 107-110.
- [15] 龚淑英, 邹新荣, 徐平, 等. 浙江省长兴县富硒资源区及富硒农产品的调研[J]. 茶叶, 2010, 36(4): 221-226.
- [16] 彭诚, 丁莉, 王军. 硒对白菜种子发芽率及幼苗生长的影响[J]. 湖北民族学院学报(自然科学版), 2006, 24(1): 91-93.
- [17] 孙汉文, 李朝昉, 梁淑轩, 等. 硒对铬胁迫下蔬菜幼苗生长的影响[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(1): 63-68.
- [18] 王玉凤, 徐喧, 孙其文. 硒浸种对番茄种子萌发的影响[J]. 湖北农业科学, 2009, 48(10): 2461-2463.
- [19] 施和平, 张英聚, 刘振声. 番茄对硒的吸收、分布和转化[J]. 植物学报, 1993, 35(7): 541-546.
- [20] 段曼莉, 付冬冬, 王松山, 等. 亚硒酸盐对四种蔬菜生长、吸收及转运硒的影响[J]. 环境科学学报, 2011, 31(3): 658-665.
- [21] 尚庆茂, 高丽红, 李式军. 硒素营养对水培生菜品质的影响[J]. 中国农业大学学报, 1998(3): 67-71.
- [22] 王晋民, 赵之重, 李国荣, 等. 硒对胡萝卜含硒量、产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(2): 240-244.
- [23] 冯两蕊, 杜慧玲, 王日鑫. 叶面喷施硒对生菜富硒量及产量与品质的影响[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2007, 27(3): 291-294.
- [24] 史衍玺, 杜振宇, 马丽. 不同施硒方式下小白菜对硒的吸收和累积特征[J]. 土壤通报, 1998, 29(5): 229-237.
- [25] 孙发仁. 富硒蔬菜的研究与开发[J]. 西北园艺, 1999(3): 7-8.
- [26] 王立新, 郁建锋, 张海芸, 等. 硒对镉胁迫下豌豆幼苗生长发育的影响[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(24): 1502-1505.
- [27] 郁建锋, 王立新, 张海芸, 等. 硒对铅胁迫下豌豆幼苗生长发育的影响[J]. 北方园艺, 2009(3): 30-33.
- [28] 杨晓慧, 蒋卫杰, 魏珉, 等. 盐胁迫下硒对生菜生长发育的影响[J]. 中国农学通报, 2006, 22(2): 271-274.
- [29] 段咏新. 高硒大蒜的抑菌增效作用[J]. 食品科学, 1995, 16(4): 76.
- [30] 许学宏, 余云飞, 高芹, 等. 富硒农产品开发现状与发展对策[J]. 江苏农业科学, 2010(1): 311-313.
- [31] 张俊杰. 硒的生理功能和富硒强化食品的研究进展[J]. 微生物元素和健康研究, 2006, 5(3): 58-63.
- [32] 刘永, 王卫华, 彭常安. 硒及富硒食品研究进展[J]. 芜湖职业技术学院学报, 2009, 11(2): 1-3.
- [33] 可成友, 夏丽娜, 吴晓芳, 等. 富硒方法在植物中的研究[J]. 现代中药研究和实践, 2009, 5(3): 245-246.
- [34] 朱善良. 硒的生物学作用及其研究进展[J]. 生物学通报, 2004, 39(6): 6-8.
- [35] 张弛, 吴永尧, 彭振坤. 植物硒的研究进展[J]. 湖北民族学院学报(自然科学版), 2002, 20(3): 58-62.
- [36] 杨光圻. 人的硒需要量研究[J]. 中国地方病学杂志, 1989, 8(5): 298-302.
- [37] 秀敏, 牛君仿, 方正, 等. 植物中硒的形态及其生理作用[J]. 河北农业大学学报, 2003, 26(增刊): 142-147.
- [38] 赵中秋, 郑海雷, 张春光, 等. 土壤硒及其与植物硒营养的关系[J]. 生态学杂志, 2003, 22(1): 22-25.
- [39] Dhillon K S, Dhillon S K. Adsorption-desorption reactions of selenium in some soils of India[J]. Geoderma, 1999, 93: 19-31.
- [40] 杜振宇, 史衍玺, 周清. 山东省部分蔬菜可食用部分硒含量测定[J]. 山东农业科学, 1999(6): 27-28.
- [41] 段曼莉, 胡斌, 梁东丽, 等. 4种蔬菜对硒酸盐的吸收、富集与转运特征的研究[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(3): 422-428.
- [42] 吴军, 刘秀芳, 徐汉生. 硒在植物生命活动中的作用[J]. 植物生理学通讯, 1999, 35(5): 417-423.
- [43] 尚庆茂, 李平兰. 硒在高等植物中的生理作用[J]. 植物生理学通讯, 1998, 34(4): 284-288.
- [44] 张敏, 丁霄霖, 秦访. 几种蔬菜的硒结合规律和农艺优化研究[J]. 无锡轻工大学学报, 1997, 16(4): 7-12.
- [45] 李登超, 朱祝军, 徐志豪, 等. 硒对小白菜生长和养分吸收的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9(3): 353-358.
- [46] 刘雁丽, 吴峰, 宗昆, 等. 富硒芽苗菜的培育及几种大众蔬菜硒含量分析[J]. 江苏农业科学, 2010(3): 204-206.
- [47] 吴永尧, 张弛, 周大寨. 豆芽菜对硒的富集特点初步研究[J]. 湖北农业科学, 2004(6): 53-56.
- [48] 黄志立, 麦炳培. 硒元素在绿豆芽中的富集研究[J]. 食品科学, 2004, 25(6): 200-203.
- [49] 杜振宇, 史衍玺, 王清华. 蔬菜对硒的吸收及适宜补硒食用量[J]. 生态环境, 2004, 13(2): 230-231.
- [50] 施和平, 张英聚, 刘振声. 番茄对硒的吸收、分布和转化[J]. 植物学报, 1993, 35(7): 541-546.
- [51] 李彦, 罗盛国, 刘元英, 等. 硒对番茄叶片中谷胱甘肽过氧化物酶活性及产量和品质的影响[J]. 山东农业科学, 1999(6): 38-39.
- [52] 史衍玺, 杜振宇, 马丽, 等. 不同施硒方式下小白菜对硒的吸收与累积特征[J]. 土壤通报, 1998, 29(5): 229-231.
- [53] Hartfiet W W, Schukte. Selenium deficiency in the Federal Puplic of Germany[J]. Aktuell Ernahrungsmed, 1988, 13(3): 77-82.
- [54] 张琳, 梁晓芳, 申国明, 等. 土壤和叶面施硒对烤烟硒积累的影响[J]. 中国烟草科学, 2011, 32(3): 57-60.
- [55] 周勋波, 吴海燕, 洪延生, 等. 作物施硒研究进展[J]. 中国农业科技导报, 2002, 4(6): 45-50.
- [56] 张现伟, 郑家奎, 张涛, 等. 富硒水稻的研究意义与进展[J]. 杂交水稻, 2009, 24(2): 5-9.
- [57] 杨光圻. 人体硒需要量研究[J]. 中国地方病学杂志, 1989, 8(5): 298-302.
- [58] 王景怀, 施辰子. 富硒农产品开发及含硒量标准的探讨[J]. 天津农林科技, 2005(3): 15-17.
- [59] 吴永尧, 罗泽民, 彭振坤. 不同供硒水平对水稻生长的影响及水稻对硒的富集作用[J]. 湖南农业大学学报, 1998, 24(3): 176-179.

## Research Advances of Selenium-enriched Vegetable

LIU Shao-mei<sup>1</sup>, WANG Li-juan<sup>1</sup>, KIRIWA Yoshikazu<sup>2</sup>, MA Zhao<sup>1</sup>

(1. Department of Horticulture, Tianjin Agricultural College, Tianjin 300384; 2. Faculty of Agriculture, Shizuoka University, Shizuoka, Japan 4228529)

# 臭椿开发应用研究进展

徐 卉, 张秀省, 穆红梅, 朱衍杰

(聊城大学 农学院, 山东 聊城 252059)

**摘 要:**臭椿作为一种重要的园林绿化树种,具有极其重要的应用及开发研究价值。该文概括了臭椿在林业生产、绿化方面的应用,进一步深入总结了其化学成分的开发价值,并对臭椿的化感作用等作了初步说明,以期为臭椿的进一步研究及其在园林等方面中的应用提供一定的理论基础。

**关键词:**臭椿;开发;应用;研究进展

**中图分类号:**S 792.32 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)11-0181-03

臭椿(*Ailanthus altissima* (Mill) Swingle)属苦木科(Simaroubaceae DC.)臭椿属(*Ailanthus* Desf.)多年生落叶乔木,又名椿树,因树皮及枝叶有苦涩味道、叶基部腺点散发臭味而得名<sup>[1]</sup>,干形通直,树皮光滑有直纹,花期4~5月,果期8~10月<sup>[2]</sup>,臭椿在我国分布广泛,其中以华北、西北地区栽培最多,且大部分是自然林<sup>[2-3]</sup>。我国有臭椿属植物岭南臭椿、常绿臭椿、刺臭椿、毛臭椿、臭椿5种以及大果臭椿、台湾臭椿2变种<sup>[4]</sup>。近年来,国内外对臭椿开展了一系列的探索与研究,特别是其应用方面取得了众多的研究成果。

## 1 臭椿在绿化及林业生产方面的应用

### 1.1 可作为园林绿化树种

作为园林绿化的新宠,臭椿树干通直而高大、树冠圆整成半球形、叶大荫浓,颇为壮观,是一种较好的园林绿地乔木景观,常作观赏树、庭荫树。另外,臭椿对城市

街道的复杂环境条件具有良好的适应性,病虫害较少,而且可以从其中吸收二氧化硫等有害气体和粉尘,在美化环境的同时也改善了环境,因此臭椿常作行道树和工厂、矿区绿化树种等<sup>[5-6]</sup>。臭椿适应性强,根系非常庞大,盘根错节,对于干旱土壤和瘠薄土壤具有优良的适应性;但不耐水湿,因此常被应用于山体、坡地绿化等;臭椿属深根性树种,可作水土保持树种,且可耐中度盐碱,在滨海盐碱地区是常见的乔木之一;臭椿具有一定的耐寒能力,在全国分布广泛,尤其是北方地区;臭椿萌蘖性强,繁殖能力较强,病虫害少,容易形成自然林,落叶量多,具有改良土壤的作用,是中国黄土高原和华北石质山地造林的先锋树种。因此,臭椿常作为乡土树种广为种植<sup>[5,7]</sup>。

### 1.2 可作为用材树种

作为用材树种,臭椿材质轻韧有弹性,硬度适中,不易翘裂,耐腐蚀,易加工,且纹理直有光泽,常被用来制作家具、农具、建材等;臭椿的木纤维较长,是较好的造纸原料<sup>[8]</sup>;椿叶可以饲养樗蚕,丝可织椿绸;在园林应用中,用臭椿做嫁接红叶椿的砧木;罗艳等<sup>[9]</sup>根据国际生物柴油标准制定了以碘值、十六烷值和脂肪酸组成等参数作为植物油质量评价体系,在木本植物中,臭椿种子含油量较高,达33.4%,为半干性油,且臭椿的种植分布

**第一作者简介:**徐卉(1990-),女,硕士研究生,研究方向为园林植物种质资源研究与应用。E-mail:xuhui322@126.com.

**责任作者:**张秀省(1960-),男,博士,教授,研究方向为园林植物种质资源研究与应用。E-mail:zhangxiusheng@lcu.edu.cn.

**基金项目:**国家高技术研究“863”发展计划资助项目(2011AA090704)。

**收稿日期:**2014-03-13

**Abstract:** Selenium is an essential trace element for human body, the effect of selenium on human health get more and more attention. The Selenium in Selenium-enriched vegetable is easily absorbed by human body, which become a hotspot in researching Selenium-enriched products. The research significance of Selenium-enriched vegetable from three aspects (human health, vegetable growth, development and the disease-resistance) was elaborated, the development of Selenium, the regularity of Selenium-enriched vegetable, increasing the study of Selenium-enriched vegetable, the standard of Selenium content of vegetable and the intake of human body to Selenium were summarized and discussed in this article. Finally, the problems and research directions in the Selenium-enriched vegetable were pointed out in this paper.

**Key words:** Selenium-enriched; vegetable; research progress