

DOI:10.11937/bfyy.201614010

## 不同浓度亚硒酸钠对水培苦苣 生长及营养品质的影响

倪 蕾, 孙涌栋, 李艳华, 罗未蓉, 王广印

(河南科技学院 园艺园林学院, 河南 新乡 453003)

**摘 要:**以美国花叶苦苣品种为材料,以改良的 Hoagland 营养液为基本营养液,采用水培方法,研究了不同浓度亚硒酸钠(0.00、0.05、0.10、0.50、1.00、2.00、4.00 mg·L<sup>-1</sup>)对苦苣生长及营养品质的影响。结果表明:随着亚硒酸钠浓度的增加,苦苣的叶长、叶宽、单叶鲜样质量,叶绿素、维生素C、可溶性糖、可溶性蛋白质含量整体呈先增加后减少趋势,当营养液中亚硒酸钠浓度为 1.00 mg·L<sup>-1</sup>时,苦苣生长良好,营养品质最佳。

**关键词:**苦苣;亚硒酸钠;生长;营养品质

**中图分类号:**S 644.906<sup>+</sup>.2 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2016)14-0040-04

硒是人类和动物生长不可缺少的微量元素之一,具有防癌、抗癌、抗氧化等多种生理功能<sup>[1]</sup>。医学研究认为,坚持适量补硒,是增强人体健康、防治疾病和延年益

寿的有效措施。此外,还有研究表明,适量的硒在一定程度上能提高植物的抗氧化作用,促进作物体中叶绿素的合成代谢,进而提高作物产量和改善品质<sup>[2-3]</sup>。植物是人和动物摄入硒的主要来源,通过食用富硒植物吸收硒元素是人体补硒的有效途径<sup>[4]</sup>。因此,培育富硒植物具有重要的生产意义和实用价值。

苦苣(*Cichorium endivia* L.)属菊科苦苣属一二年生草本植物<sup>[5]</sup>,以嫩叶为食,含有大量的人体所必需的蛋白质、膳食纤维及各种丰富的微量元素,具有消炎抗菌、清热解毒、消食健胃、护肝清肺、凉血明目和抗癌防癌功效<sup>[5-8]</sup>,深受人们喜爱。该研究采用水培的方法,研究不同浓度亚硒酸钠对苦苣生长和营养品质的影响,以

**第一作者简介:**倪蕾(1988-),女,河南鹤壁人,硕士研究生,研究方向为蔬菜栽培生理生态。E-mail:1033148752@qq.com.

**责任作者:**孙涌栋(1980-),男,河南林州人,博士,副教授,现主要从事蔬菜栽培生理生态等研究工作。E-mail:suny2001@163.com.

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(31401860);新乡市科技创新人才计划资助项目(RC15007);河南省大宗蔬菜产业技术体系建设资助项目(S2010-03-G06)。

**收稿日期:**2016-02-14

## Effect of Site Factors of Under-forest Planting on Carotenoid Content of *Spuriopiminella brachycarpa* in Eastern of Liaoning

LI Xixia<sup>1</sup>, YANG Zheng<sup>2</sup>, ZHOU Yongbin<sup>2</sup>

(1. College of Sciences, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110866; 2. College of Forestry, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110866)

**Abstract:** Taking *Spuriopiminella brachycarpa* as materials, the effects of different sites and environmental factors on the growth of *Spuriopiminella brachycarpa* were studied, that based on the comprehensive investigation of *Spuriopiminella brachycarpa*'s growth environment in Eastern-Liaoning, in order to find high-quality planting pattern. The results showed that forest types, aspect, slope position and slope had very significant influences on the carotenoid content in *Spuriopiminella brachycarpa*. The carotenoid content in *Spuriopiminella brachycarpa* under canopy was apparently higher than carotenoid content in *Spuriopiminella brachycarpa* of bare land to grow. In the conditions of larch plantation, uphill and semi sunny slope, slope of 15°-20° had the highest carotenoid content in *Spuriopiminella brachycarpa*.

**Keywords:** Eastern of Liaoning; *Spuriopiminella brachycarpa*; carotenoid; influencing factor

探究最适合苦苣生长的硒浓度,为改良苦苣品质以及生产富硒苦苣提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

美国花叶苦苣种子购自安顺市大洋种苗有限责任公司。

### 1.2 试验方法

试验于 2014 年 4 月 1 日在河南科技学院园艺园林学院实验室内进行,将美国花叶苦苣种子进行温水浸种后,放入催芽箱中进行催芽,待种子露出白根时,播种于水培筐中培养,当苦苣生长到 1 叶 1 心时,挑选长势一致的幼苗移入水培箱中采用改良的 Hoagland 营养液进行水培,当植株长到 2 叶 1 心时对植株进行亚硒酸钠处理。试验共设 6 个处理(A~F),亚硒酸钠浓度分别为 0.05、0.10、0.50、1.00、2.00、4.00  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,以蒸馏水为对照(CK),设 3 次重复。14 d 后大部分植株长至 4 叶 1 心,进行各项生理指标测定。改良 Hoagland 营养液的大量元素组成见表 1;微量元素及其含量( $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )分别为: $\text{H}_3\text{BO}_3$  (B, 140)、 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (Cu, 100)、 $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (Mn, 36)、 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (Zn, 46)、Fe-EDTA (Fe, 30)和  $\text{H}_2\text{MoO}_4$  (Mo, 1)。

表 1 不同浓度亚硒酸钠的营养液中  
大量营养元素组成

Table 1 Macroelements of different concentration of sodium  
selenite in the nutrient solution  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

处理 Treatment	$\text{Na}_2\text{SeO}_3$	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	$\text{KNO}_3$	$\text{MgSO}_4$	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$
A	0.05	945	607	493	115
B	0.10	945	607	493	115
C	0.50	945	607	493	115
D	1.00	945	607	493	115
E	2.00	945	607	493	115
F	4.00	945	607	493	115

### 1.3 项目测定

苦苣叶长、叶宽采用游标卡尺测定;单叶鲜样质量采用分析天平测定;可溶性蛋白质含量采用考马斯亮蓝 G-250 染色法<sup>[9]</sup>测定;可溶性糖含量采用蒽酮法<sup>[10]</sup>测定;维生素 C(VC)含量采用 2,6-二氯酚钠盐滴定法<sup>[11]</sup>测定;叶绿素含量采用丙酮提取法<sup>[12]</sup>测定。

### 1.4 数据分析

采用 Excel 2003、Word 2003 软件对试验数据进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同浓度亚硒酸钠对苦苣叶长、叶宽与鲜样质量的影响

由图 1 可以看出,不同浓度亚硒酸钠处理下水培苦苣叶长的差异相对较大,整体呈现先增加后下降的趋

势。与对照相比,A 处理时叶长达到最高值,增加了 24.90%,F 处理时叶长最短,减少了 42.55%,且品质最差。不同浓度亚硒酸钠处理对水培苦苣的叶宽也有一定的影响,与对照相比,D 处理叶宽值最大,增加了 16.20%,品质最好,B 处理叶宽值最小,减少了 19.72%。

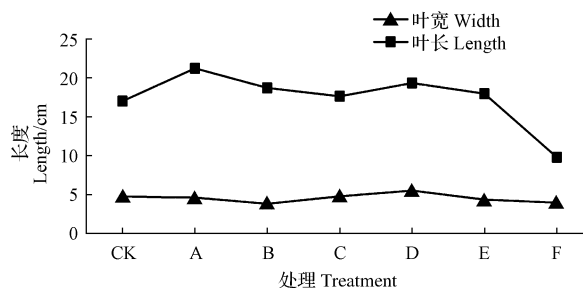


图 1 不同浓度亚硒酸钠对苦苣叶长、叶宽的影响

Fig. 1 Effect of different concentration of sodium selenite on the length and width of single leaf of *Cichorium endivia*

由图 2 可以看出,不同浓度亚硒酸钠处理对水培苦苣鲜样质量的影响较明显,呈现出先下降后上升再下降趋势。与对照相比,水培苦苣鲜样质量在 D 处理下达到最高值,增加了 30.10%,F 处理下最低,减少了 48.40%。

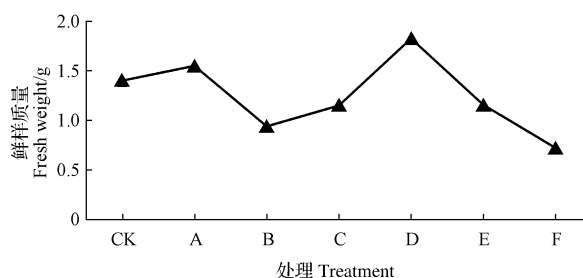


图 2 不同浓度亚硒酸钠对苦苣鲜样质量的影响

Fig. 2 Effect of different concentration of sodium selenite on the fresh weight of single leaf of *Cichorium endivia*

### 2.2 不同浓度亚硒酸钠对苦苣可溶性蛋白质含量的影响

由图 3 可以看出,不同浓度亚硒酸钠处理对苦苣可溶性蛋白质含量影响较大,与对照相比,C、D 处理下可溶性蛋白质含量逐渐升高,在 D 处理下最高,增加了 17.94%,E、F 处理下可溶性蛋白质含量逐渐下降,在 F 处理下含量最低,减少了 17.23%。

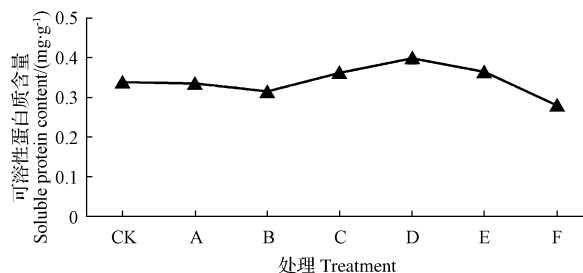


图 3 不同浓度亚硒酸钠对苦苣可溶性蛋白质含量的影响

Fig. 3 Effect of different concentration of sodium selenite on the soluble protein content of *Cichorium endivia*

### 2.3 不同浓度亚硒酸钠对苦苣可溶性糖含量的影响

由图4可以看出,不同浓度亚硒酸钠处理对苦苣可溶性糖含量影响较大。与对照相比,A、B、C、D处理下分别增加了23.68%、21.13%、39.01%和64.89%,且在D处理下达到最大值。此后,随着亚硒酸钠浓度的增加,可溶性糖含量逐渐下降。

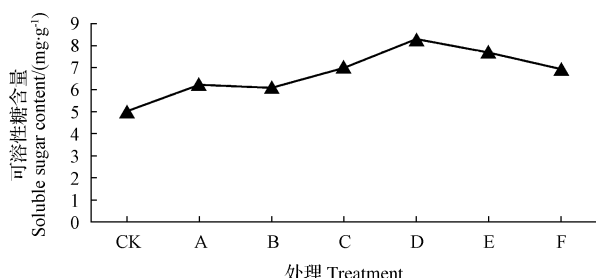


图4 不同浓度亚硒酸钠对苦苣可溶性糖含量的影响

Fig. 4 Effect of different concentration of sodium selenite on the soluble sugar content of *Cichorium endivia*

### 2.4 不同浓度亚硒酸钠对苦苣维生素C含量的影响

由图5可以看出,不同浓度亚硒酸钠处理对苦苣维生素C含量影响较为明显,随着营养液中亚硒酸钠浓度的增加,苦苣维生素C含量呈现先下降后上升再下降趋势。与对照相比,在A处理下增加了1.73%,B处理下减少了17.46%,在D处理下维生素C含量达到最高值,增加了11.90%,在E处理下维生素C含量下降至最低值,减少了17.97%。

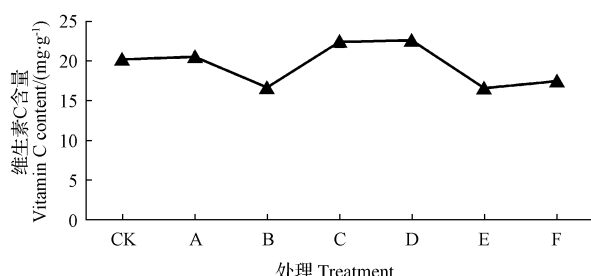


图5 不同浓度亚硒酸钠对苦苣维生素C含量的影响

Fig. 5 Effect of different concentration of sodium selenite on the vitamin C content of *Cichorium endivia*

### 2.5 不同浓度亚硒酸钠对苦苣叶绿素含量的影响

由图6可以看出,不同浓度亚硒酸钠处理对苦苣叶绿素含量影响较大,随着营养液中亚硒酸钠浓度的增加,苦苣叶绿素含量出现先增加后下降的趋势。与对照相比,叶绿素a含量在D处理下最高,增加了38.92%,在F处理下最低,减少了18.83%;叶绿素b含量在D处理下最高,增加了26.68%,在F处理下最低,减少了26.63%;叶绿素总量在D处理下最高,增加了35.61%,在F处理下最低,减少了20.94%。

## 3 讨论与结论

硒是生命活动中不可缺少的重要元素之一。有研

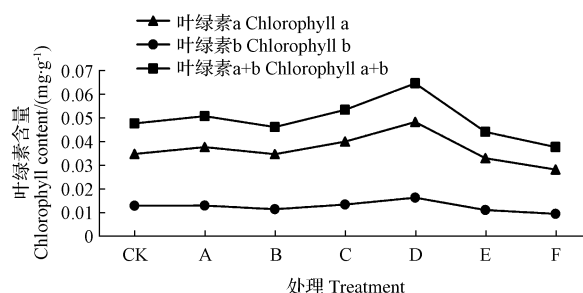


图6 不同浓度亚硒酸钠对苦苣叶绿素含量的影响

Fig. 6 Effect of different concentration of sodium selenite on the chlorophyll content of *Cichorium endivia*

究表明,适量的硒处理能促进植物生长,高浓度硒处理则抑制植物生长,降低产量<sup>[13-15]</sup>。薛瑞玲等<sup>[16]</sup>研究表明,小白菜叶长、叶宽均随亚硒酸钠浓度的增大而减小,低浓度时促进其叶片生长,高浓度时则抑制了其生长。该研究发现,随着亚硒酸钠喷施浓度的增加,苦苣的叶长、叶宽和鲜样质量均呈现先增加后下降的趋势,与薛瑞玲等<sup>[16]</sup>的研究结果相一致。

可溶性蛋白质是构成果蔬中酶的重要组成部分,参与多种生理生化代谢过程的调控,与果蔬的生长发育、成熟衰老和抗性密切相关<sup>[17]</sup>。高美玲等<sup>[18]</sup>研究表明,在亚硒酸钠浓度 $\leq 150 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时提高浓度会增加西瓜幼苗的可溶性蛋白质的含量,但在达最大值后其含量均呈下降趋势。该研究表明,苦苣的可溶性蛋白质含量随着亚硒酸钠喷施浓度的增加出现先增加后下降的趋势,在亚硒酸钠浓度为 $1.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,达到最大值,随后其含量开始下降。

可溶性糖是植物的光合产物,也是碳水化合物代谢和短暂贮藏的主要形式,对高等植物营养生长发育及生殖有重要影响<sup>[19]</sup>。李登超等<sup>[20]</sup>研究发现,适宜浓度的硒处理提高了水培小白菜地上部可溶性总糖的含量,大大改善了其品质。该研究表明,在亚硒酸钠浓度 $\leq 1.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,苦苣的可溶性糖含量随着亚硒酸钠喷施浓度的增加而逐渐增加直至达到高峰,有效地改善了水培苦苣品质。

维生素C是重要的细胞液外抗氧化性物质,具有重要的生理活性<sup>[21]</sup>。王淑珍等<sup>[22]</sup>研究发现,喷施适宜浓度的亚硒酸钠溶液,可增加大蒜产量和蒜头中的维生素C含量,但喷施浓度过大时,会造成植物中毒,致使产量和品质下降。该研究表明,苦苣的维生素C含量随着亚硒酸钠喷施浓度的增加出现先增加后下降的现象,在亚硒酸钠浓度为 $1.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,维生素C含量达到最高峰,随后当超过此浓度时含量下降,说明对苦苣产生了不良影响。

叶绿素含量是植物生长过程中一个重要的生理指标,与植物的光合作用、营养吸收等密切相关,被广泛作

为植物生长的常规测定指标项目<sup>[12]</sup>。郭美俊等<sup>[23]</sup>研究表明,随着亚硒酸钠喷施浓度的增加,谷子叶片叶绿素含量呈先升高后降低的趋势。该研究苦苣中叶绿素 a、叶绿素 b 随着亚硒酸钠喷施浓度的增加呈现先增加后降低的趋势。

综上,在改良 Hoagland 营养液中加入  $1.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  亚硒酸钠时可以增加苦苣的叶宽和鲜样质量,提高其可溶性蛋白质含量、可溶性糖含量、维生素 C 含量以及叶绿素含量,苦苣生长呈现明显的优势,该研究对今后改良苦苣品质、培育富硒苦苣具有一定的生产指导意义。

### 参考文献

- [1] 吴求亮,杨玉爱.微量元素与生物健康[M].贵阳:贵州科技出版社,2000.
- [2] 夏永香,刘世琦,李贺,等.硒对大蒜生理特性、含硒量及品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2012,18(3):733-741.
- [3] 尚庆茂,陈淑芳,张志刚.硒对高温胁迫下辣椒叶片抗氧化酶活性的调节作用[J].园艺学报,2005,32(1):35-38.
- [4] 张驰.动植物硒生物学功能研究概况[J].食品研究与开发,2002,23(5):60-62.
- [5] 张广伦,张卫明,肖正春,等.新兴蔬菜苦苣的研究与利用[J].中国野生植物资源,2013,32(2):60-63.
- [6] 孙延芳,杨开宝,何志明,等.不同理化处理对苦苣种子萌发特性的影响[J].种子,2012,31(3):82-83.
- [7] 邓正春,杜登科,吴平安,等.苦苣富硒生产关键技术[J].作物研究,2013,27(5):478-480.
- [8] 王跃强.苦苣菜开发价值与栽培[J].北方园艺,2008(3):118-119.
- [9] 邹琦.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业出版社,2000:131-135.
- [10] 张志良.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,1990:127-128,159-160.
- [11] 乔富廉.植物生理学实验分析测定技术[M].北京:中国农业科学技术出版社,2002.
- [12] 黄帆,郭正元,徐珍.测定浮萍叶绿素含量的方法研究[J].实验技术与管理,2007,24(5):29-31.
- [13] 李登超.硒对菠菜、小白菜生长、养分吸收及抗氧化酶活性的影响[D].杭州:浙江大学,2002.
- [14] 刘雁雁,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.
- [15] 吴永亮,张驰,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.
- [16] 薛瑞玲,梁东丽,吴雄平,等.亚硒酸钠和硒酸钠对小白菜生长生理特性的影响[J].西北植物学报,2010,30(5):974-980.
- [17] 邓丽莉,潘晓倩,生吉萍,等.考马斯亮蓝法测定苹果组织微量可溶性蛋白质含量的条件优化[J].食品科学,2012,33(24):185-189.
- [18] 高美玲,袁成志,张大秀.  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  处理对不同品种西瓜幼苗生长的影响[J].北方园艺,2007(11):65-67.
- [19] 孙艳斐.长春花不同生活史型可溶性糖动态变化规律的研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2007.
- [20] 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.
- [21] 胡俊茹,王安利,曹俊明,等.维生素 C 对水生动物生长、繁殖及免疫的调节作用[J].水产科学,2009,28(1):40-46.
- [22] 王淑珍,赵喜茹,王喜枝,等.叶面喷施亚硒酸钠对大蒜光合作用及产量品质的影响[J].中国农学通报,2008,24(4):294-297.
- [23] 郭美俊,郭平毅,原向阳,等.叶面喷施亚硒酸钠对谷子光合特性及产量构成的影响[J].核农学报,2014,28(6):1099-1107.

## Effect of Different Concentrations of $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ on the Growth and Nutritional Quality of *Cichorium endivia*

NI Lei, SUN Yongdong, LI Yanhua, LUO Weirong, WANG Guangyin

(College of Horticulture and Landscape Architecture, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang, Henan 453003)

**Abstract:** A hydroponic method was used to test the effects of different concentration of  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  (0, 0.05, 0.10, 0.50, 1.00, 2.00 and  $4.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) on the growth of *Cichorium endivia*. In this study, American flower leaves was used as main test material. Modified Hoagland nutrient solution was used to treat seedling of *Cichorium endivia*. Effects of different concentration of  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  on the length and width, fresh weight of single leaf, chlorophyll content, vitamin C content, soluble sugar content, soluble protein content were measured. With the increasing of concentration of  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  in Hoaland nutrient solution, all testing values increased at first, then deceased. This study showed that the growth of *Cichorium endivia* was the best when the concentration of  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  was  $1.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ .

**Keywords:** *Cichorium endivia*; sodium selenite; growth; nutritional quality