

# 海藻提取物对菠菜硝酸盐积累的影响及机理

孙锦<sup>1</sup>, 韩丽君<sup>2</sup>, 于庆文<sup>1</sup>, 王萍<sup>1</sup>

(1. 甘肃省农业科学院 蔬菜研究所, 甘肃 兰州 730070, 2. 中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071)

**摘要:**采用对比试验的方法,对海藻提取物对菠菜硝酸盐积累的影响及机理进行了研究。结果表明:在300 kg/hm<sup>2</sup>的氮肥施用量下,用不同浓度的海藻提取物喷施菠菜叶片,均显著降低硝酸盐含量,且浓度与硝酸盐含量呈极显著的负相关;海藻提取物对菠菜硝酸盐含量不存在稀释作用,并且对土壤硝化细菌数量无明显影响;浓度与硝酸还原酶活性呈极显著的正相关,说明海藻提取物降低菠菜硝酸盐含量的机理是通过增强硝酸还原酶活性来实现的。

**关键词:**海藻提取物;菠菜;硝酸盐;机理

中图分类号:S144.9

文献标识码:A

文章编号:1000-3096(2006)04-0006-04

蔬菜是人们每日不可缺少的重要食物,对维持人体正常生理功能和增进健康具有非常重要的价值,尤其是对中国人以素食为主的饮食习惯和食物构成而言,蔬菜的地位尤为重要<sup>[1]</sup>。随着社会的发展和人民生活水平的提高,人们对蔬菜的品质和安全性提出了更高的要求。长期以来,由于蔬菜作物的化肥投入量较大,而化肥是蔬菜中硝酸盐积累的主要因素,有研究表明,氮肥用量和蔬菜体内的硝酸盐含量呈显著的正相关<sup>[2-3]</sup>。而人体摄入的硝酸盐有87%来自于蔬菜<sup>[4]</sup>,过量的硝酸盐摄入严重危害着人类健康<sup>[4]</sup>。除采取合理使用化肥、科学管理等措施来降低蔬菜中硝酸盐含量外,施用硝化抑制剂如2-氯-6-三氯甲基吡啶<sup>[5]</sup>、双氰胺<sup>[6]</sup>和钾肥<sup>[7]</sup>、钼肥<sup>[8]</sup>等来降低蔬菜中硝酸盐含量也不失为一种有效途径。海藻提取物是一种新型的生物活性物质,对提高作物产量、改善品质和提早成熟并在水果保鲜和抵抗病虫害等方面均有明显的效果<sup>[9,10]</sup>。近年来利用海藻的特殊生化特性和各种有效组分来影响作物和果树、蔬菜的生长发育已成为研究热点,但有关海藻提取物对蔬菜硝酸盐积累的影响未见报道。作者通过研究海藻提取物对菠菜硝酸盐积累的影响,为有效降低蔬菜硝酸盐积累提供科学依据。

## 1. 材料与方 法

### 1.1 试验材料

试验用海藻提取物由中国科学院海洋研究所提供,其主要成分为:糖醇22.9%,碘400 mg/kg,钾2.1%,pH 7.5,其他成分75%,形态为棕褐色的水溶性粉末;供试菠菜品种为圆叶菠菜,由甘肃飞天种业

有限公司提供;氮肥为尿素(CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>),含氮量为34.2%,甘肃刘家峡化工有限公司生产;栽植盆开口内径0.115 m,底座内径0.085 m,高0.145 m。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 菠菜硝酸盐积累超标的最低氮肥施用量的确定

试验设在甘肃省农业科学院蔬菜研究所兰州试验温室内。菠菜于2004年10月21日直播于栽植盆。盆栽土壤为:速效氮136.4 mg/kg、速效磷90.2 mg/kg、速效钾99.3 mg/kg、有机质5.18%、pH 8.63,由菜园土、蛭石粉、腐熟羊粪按照5:1:2的比例配制。待菠菜具有4片叶时一次性间苗,使每盆保苗5株。试验设100,150,200,250,300,350,400,450,500 kg/hm<sup>2</sup>的氮肥施用量和不施用氮肥共10个处理,以不施用氮肥为对照(CK),重复3次,每个小区5盆。定植前以基肥的形式一次性施入氮肥总量的40%,菠菜出苗后第20天和第35天进行第一、二次追肥,追肥量分别占氮肥总量的25%和35%,第2次追肥后第10天随机摘取菠菜中部叶片5片,测定各处理菠菜叶片的硝酸盐含量。

#### 1.2.2 海藻提取物对菠菜硝酸盐积累的影响

试验于2004年12月~2005年2月进行,试验地点与土壤情况同1.2.1。在菠菜具有4片叶片时

收稿日期:2005-06-08;修回日期:2005-12-12

基金项目:国家863计划项目(2004AA620530)

作者简介:孙锦(1972),男,甘肃民乐人,助理研究员,主要从事蔬菜栽培和生理方面的研究工作, E-mail: sunj72@163.com

一次性间苗,每盆保苗5株。试验设0.5,1.0,1.5,2.0,2.5,3.0 g/kg海藻提取物喷雾和清水喷雾7个处理,以清水处理为对照(CK),每个处理5盆,重复3次,各处理以1.2.1得出的氮肥最低用量进行施用,施用方法同1.2.1。在菠菜具有6片叶时,按上述处理浓度间隔5d喷雾一次,共3次。最后一次处理完毕的第2,4,6,8,10,12,14,16,18,20天,每个小区随机摘取菠菜中部叶片5片测定硝酸盐含量,在最后一次测定硝酸盐含量的同时,测定硝酸还原酶活性、土壤硝化细菌数量和单株鲜质量。

### 1.3 测定项目及方法

硝酸盐含量测定采用磺氨萘乙二胺酸盐比色法(GB/T15401-1994);硝酸还原酶测定采用亚硝酸盐离子比色法<sup>[11]</sup>;硝化细菌采用最大可能数法<sup>[12]</sup>;鲜质量采用称重法。

## 2 结果与分析

### 2.1 氮肥施用量对菠菜硝酸盐积累的影响

由图1可以看出,不同处理的硝酸盐含量均比对照组有所增加,增加幅度为7.2%~100.2%;随着氮肥用量的增加,硝酸盐含量呈升高的趋势,其中在350 kg/hm<sup>2</sup>水平下达到峰值,之后又降低,这可能是由于随着氮肥用量的增加,促进了菠菜植株的生长,植株生长量对硝酸盐的稀释效应大于氮肥对硝酸盐的积累效应所致。进一步进行方差分析表明,处理间差异显著,其中处理1与对照差异不显著,其他处理均与对照达到极显著水平,说明不同处理均能增加菠菜硝酸盐的含量。本试验结果还表明,在300 kg/hm<sup>2</sup>的氮肥施用量下,硝酸盐含量为433.5 mg/kg,已经超过了联合国粮农组织(FAO)规定的蔬菜中硝酸盐含量最高限值432.0 mg/kg的标准<sup>[13]</sup>。因此,300 kg/hm<sup>2</sup>的氮肥施用量为菠菜硝酸盐含量超标的最低用量。

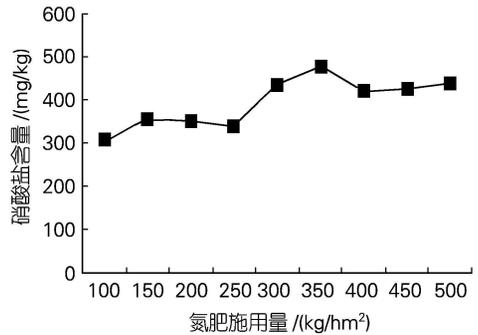


图1 氮肥用量对菠菜硝酸盐积累的影响

Fig. 1 Effect of nitrogen fertilizer volume on nitrate accumulation on spinach

### 2.2 海藻提取物对菠菜硝酸盐积累的影响

由图2可以看出,在各个测定时期,不同处理的硝酸盐含量均比对照(CK)低;随着时间的延后,各处理和对照(CK)的硝酸盐含量都有降低的趋势,其中在最后一次(第20天)的硝酸盐含量与对照相比降低幅度最大,降低幅度在66.3%~93.2%,但以3.0 g/kg组降低幅度最大,0.5 g/kg组降低幅度最小。对最后一次(第20天)测定的数据进行分析表明(表1),各处理的硝酸盐含量均与对照相比达到极显著水平,随着海藻提取物用量的增加,硝酸盐含量随之降低,且海藻提取物用量和硝酸盐含量呈直线负相关,相关系数极显著( $y = 170.92 - 48.98x, r = 0.9636 > 0.8745$ )。0.8745表示 $P = 0.01$ 水平下的标准值,若测定值大于标准值,则表示相关系数极显著,下同)。由图1还可以看出,各处理的曲线陡度较对照(CK)大,说明不同处理均能加快硝酸盐的降解或转化;对照(CK)的硝酸盐含量在第10~14天突然升高,随后又逐渐下降,这一结果与有关报道一致<sup>[14]</sup>,但不同处理的硝酸盐含量却没有明显的升高现象。

表1 不同处理对菠菜硝酸盐含量、单株硝酸盐总量及硝化细菌的影响

Tab. 1 Effect of different treatments on nitrates content, nitrate total of single plant, nitro bacteria of spinach

处理 (g/kg)	硝酸盐 (mg/kg)	与对照相比 (±%)	单株硝酸盐总量 (mg)	与对照相比 (±%)	硝化细菌 (个/g)	与对照相比 (±%)
对照	437.54aA	-	3.54aA	-	$2.31 \times 10^6$ aA	-
0.5	147.51bB	-66.3	3.54aA	0	$2.20 \times 10^6$ aA	-4.76
1.0	138.22bB	-68.4	3.50aA	-1.13	$2.17 \times 10^6$ aA	-6.06
1.5	75.36cC	-82.8	1.60bB	-70.05	$2.40 \times 10^6$ aA	3.90
2.0	69.10cC	-84.2	1.60bB	-70.05	$2.38 \times 10^6$ aA	3.03
2.5	51.82cD	-88.2	1.20bB	-71.19	$2.27 \times 10^6$ aA	-1.73
3.0	29.16eE	-93.2	0.66bB	-81.36	$2.34 \times 10^6$ aA	1.30

注:1. 单株硝酸盐总量=硝酸盐含量×单株鲜质量;2. 小写字母表示 $P < 0.05$ 差异显著,大写字母表示 $P < 0.01$ 差异极显著,有相同字母的表示差异不显著,反之则显著

对各个测定时期的硝酸盐含量的数据进行分析表明:不同处理均比对照(CK)的硝酸盐含量有明显降低。方差分析表明,在第2天测定数据中,处理5的硝酸盐含量与对照差异显著,但未达到极显著水平,其他处理均与对照差异达到极显著水平,其他测定时期的各处理均与对照差异达到极显著,说明施用海藻提取物后,能显著降低菠菜的硝酸盐含量。

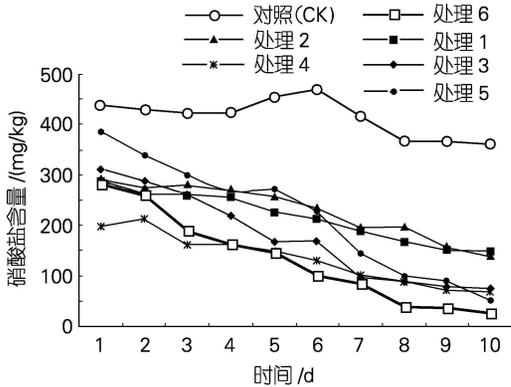


图2 不同处理对菠菜硝酸盐积累的影响

Fig.2 Effect of different treatments on nitrate accumulation in spinach

### 2.3 海藻提取物对菠菜单株硝酸盐总量和土壤硝化细菌的影响

在氮肥施用量一定的情况下,随着植株质量的增加,硝酸盐含量降低,但单株硝酸盐总量却不变,这就存在稀释效应。由表1可以看出,随着海藻提取物用量的增大,菠菜单株硝酸盐总量有降低的趋势,降低幅度为1.13%~81.36%,其中3.0g/kg处理的降低幅度最大,0.5g/kg处理的降低幅度最小。方差分析表明,0.5g/kg和1.0g/kg处理与对照差异不显著,其他处理与对照差异极显著,且1.5、2.0、2.5、3.0g/kg处理与0.5、1.0g/kg,对照(CK)差异极显著,但它们之间差异不显著,这说明施用海藻提取物对菠菜硝酸盐不存在稀释作用。各处理的土壤硝化细菌数量与对照都在同一个数量级上,增加或减少的幅度不明显且没有一定的规律。方差分析表明,各处理之间,各处理与对照之间差异不显著,说明海藻提取物对土壤硝化细菌没有明显的影响。

### 2.4 海藻提取物对菠菜硝酸还原酶活性的影响

由图3可以看出:不同处理的硝酸还原酶活性均高于对照,增加幅度在21.4%~281.2%;随着海藻提取物用量的增加,硝酸还原酶活性增强。对海藻提

取物用量和硝酸还原酶进行相关性分析表明,海藻提取物用量与硝酸还原酶活性呈正相关( $y = 7.84 + 9.18x$ ),相关系数达到极显著水平( $r = 0.9829 > 0.8745$ )。进一步对菠菜硝酸盐含量和硝酸还原酶进行相关性分析表明,二者呈负相关( $y = 39.03 - 0.17x$ ),相关系数( $r = 0.9666 > 0.8745$ )达到极显著水平。由此可以推断,海藻提取物降低菠菜硝酸盐含量的机理为:海藻提取物增强了菠菜叶片中硝酸还原酶的活性,在硝酸还原酶的作用下,将硝酸盐转化为氨基酸或蛋白质。

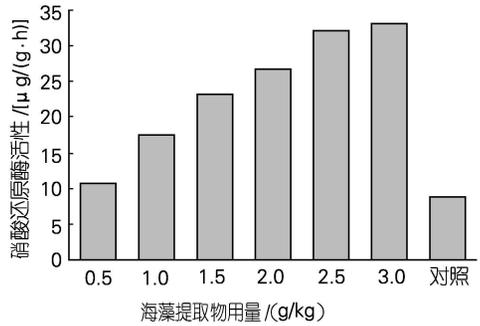


图3 不同处理对菠菜硝酸还原酶活性的影响

Fig.3 Effect of different treatments on NRA activity of spinach

## 3 小结与讨论

试验结果表明,海藻提取物能显著降低菠菜硝酸盐含量、增强硝酸还原酶活性,并且海藻提取物用量与硝酸盐含量呈直线负相关,与硝酸还原酶活性呈直线正相关;随着海藻提取物用量的增大,菠菜单株硝酸盐总量也有降低的趋势,因此无明显的稀释作用;海藻提取物与硝化细菌数量无明显关系。海藻提取物降低菠菜硝酸盐含量是因为增强了硝酸还原酶的活性,在硝酸还原酶的作用下,促进菠菜体内积累的硝酸盐转化或代谢。另外,有人认为叶片细胞中硝态氮代谢库的大小可以反映植物还原硝态氮的能力<sup>[15,16]</sup>,而海藻提取物是否影响硝态氮代谢库的大小,还有待进一步研究。

### 参考文献:

[1] 熊国华,林咸永,章永松,等. 施肥对蔬菜累积硝酸盐影响的研究进展[J]. 土壤通报, 2004, 4(2): 217-221.  
[2] Greenwood D J, Hunt J. Effect of nitrogen fertilizer on the nitrate contents of field vegetables grown in Britain [J]. *Sci Food Agric*, 1986, 37: 373-383.

- [3] 王朝辉, 李生秀. 不同氮肥用量对蔬菜硝态氮累积的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(1): 22-28.
- [4] Walker R. Nitrate, Nitrite and N-nitroso compounds: A review of the occurrence in food and diet and the toxicological implications [J]. **Food Add Cont**, 1990, 7: 717-768.
- [5] Magnard D N. Nitrate in the environment [A]. Donald R, Nielson J G. Soil plant nitrogen relationship [C]. Vol. 2. New York: Academic Press, 1978. 221-234.
- [6] 胡勤海, 傅柳松. 双氰胺对蔬菜硝酸盐积累抑制作用的研究[J]. 环境污染与防治, 1991, 13(1): 6-8.
- [7] 高祖明, 张耀栋. 氮磷钾对叶菜硝酸盐积累和硝酸还原酶、过氧化物酶活性的影响[J]. 园艺学报, 1989, 16(4): 293-298.
- [8] 黄启为, 李天贵. 长沙市、湘潭市蔬菜硝酸盐污染的调查[J]. 湖南农学院学报, 1991, 17(增刊): 381-387.
- [9] Crouch I J, Vanstaten J. Effect of seaweed concentrate on the establishment and yield of greenhouse tomato plant[J]. **Japal Phycol**, 1992, 4(1): 291-296.
- [10] Nelson W R. The effect of seaweed concentrate on wheat culms [J]. **Plant Physiol**, 1984, 415: 433-437.
- [11] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 西安: 世界图书出版公司, 2000. 93-95.
- [12] 中国科学院南京土壤研究所微生物室. 土壤微生物研究方法[M]. 北京: 科学出版社, 1985. 44-67.
- [13] 上海第一医学院. 食品毒理[M]. 北京: 人民出版社, 1978. 365-396.
- [14] 徐爱华, 丁洪斌, 丁蕴铮. 施用氮肥对蔬菜中硝酸盐积累的影响[J]. 磷肥与复肥, 2004, 1: 71-73.
- [15] Campbell W H. Nitrate reductase and its role in nitrate assimilation in plants [J]. **Physiology Plant**, 1988, 74: 214-219.
- [16] Ferrari T E, Varner J E. Intact tissue assay for nitrite reductase in barley aleurone layers [J]. **Plant Physiology**, 1971, 47: 790-794.

## Effect of seaweed extract on nitrate accumulation in spinach and its mechanism

SUN Jin<sup>1</sup>, HAN Lirjun<sup>2</sup>, YU Qingwen<sup>1</sup>, WANG Ping<sup>1</sup>

(1. Vegetable Institute of Gansu Academy of Agriculture Science, Lanzhou 730070, China; 2. Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences, Qindao 266071, China)

**Received:** Jun. , 8, 2005

**Key words:** seaweed extract; spinach; nitrate; mechanism

**Abstract:** Using comparable experiments, the effect and mechanism of seaweed extract on nitrate accumulation in spinach were studied, the results showed that under the condition of 300 kg/hm<sup>2</sup> of N-utilizing, when spraying different concentrations of seaweed extract to spinach leaves, every treatment of seaweed extract concentration may dramatically decrease nitrate content, and the relation between concentration and nitrate content showed an extremely significant level; there did not exist dilution effect, and seaweed extract didn't clearly influence the number of nitro bacteria; the relationship between concentration and NRA dramatically becomes close, and shows the mechanism of seaweed extracts decreasing nitrate content was realized through enhancing NRA activity.

( 本文编辑: 张培新)