

# 环境因子对大白菜硝酸盐含量的影响

陶正平<sup>1,2</sup>, 尹凯丹<sup>1</sup>

(1. 广东农工商职业技术学院, 广州 510507; 2. 沈阳农业大学园艺学院, 沈阳 110161)

**摘 要:** 为探索环境条件对大白菜硝酸盐积累的影响, 选用3个硝酸盐富集力不同的大白菜品种, 利用水培方式栽培; 同时创造不同的环境条件, 观察在不同的环境条件下不同品系大白菜硝酸盐含量的差异, 为降低大白菜硝酸盐含量提供参考。结果表明, 在诸多的环境条件中, 光照条件、温度条件、水分条件、根际氧气条件、盐胁迫等因素, 均对不同品系大白菜硝酸盐含量有明显的影响。同时, 在不同品系大白菜中, 硝酸盐富集力高的大白菜品系随环境条件的改变, 硝酸盐含量变化较大; 而硝酸盐富集力低的大白菜品系硝酸盐含量变化较小。因此, 可以通过控制环境条件和培育新品种来降低大白菜硝酸盐含量。

**关键词:** 环境因子; 大白菜; 硝酸盐

**中图分类号:** X503.231

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-6819(2008)-8-0245-04

陶正平, 尹凯丹. 环境因子对大白菜硝酸盐含量的影响[J]. 农业工程学报, 2008, 24(8): 245—248.

Tao Zhengping, Yin Kaidan. Effects of environmental factors on nitrate content of Chinese cabbage[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(8): 245—248. (in Chinese with English abstract)

## 0 引言

人体摄入的硝酸盐大部分来自蔬菜, 因此, 降低蔬菜中硝酸盐含量一直是关注的热点问题<sup>[1,2]</sup>。环境因素如温度、光照、水分、土壤和农艺措施、栽培季节等因子均对蔬菜硝酸盐的含量有很大的影响, 有关的报道很多<sup>[3-6]</sup>, 但环境因子、农艺措施对硝酸盐富集力不同的不同品系大白菜硝酸盐含量影响的报道很少<sup>[7,8]</sup>。本实验是把硝酸盐富集力不同的大白菜品系利用水培方式栽培, 同时创造不同的环境条件和给与不同的农艺措施, 观察各种环境条件和栽培措施对硝酸盐富集力不同的大白菜品系硝酸盐含量的影响, 以观察不同品系的大白菜硝酸盐含量对环境条件和农艺措施的敏感程度, 为降低大白菜硝酸盐含量提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

选用对硝酸盐富集力不同的3个典型材料: 对硝酸盐富集力高的品系02-32; 中间类型: 03-52; 硝酸盐富集力低的品系: 03-59。以上试材均为沈阳农业大学园艺学院提供。

### 1.2 试验方法

本实验于2004年3月~2004年11月在吉林大学农业试验基地日光温室中进行。

#### 1.2.1 光照度试验

大白菜栽培采用水培方式, 采用30 cm×60 cm×15 cm

的塑料盆作为栽培槽, 每个栽培槽装有营养液25 L。基本营养液采用日本的园试配方, 通过增施硝酸钙来提高营养液氮素含量, 使营养液的氮素浓度达到23 mmol/L。利用充气泵充氧, 每4 d更换一次营养液。2个栽培槽为一个小区, 试验小区面积0.36 m<sup>2</sup>, 每小区种植大白菜16株。在栽培床上设置1.5 m高的小拱棚, 分别利用遮光率在90%、75%、50%和45%的遮阳网覆盖小拱棚, 以不覆盖遮阳网为对照, 随机排列, 3次重复。在小苗展开3片真叶时进行遮光处理, 处理10 d, 测定不同基因型在各个处理条件下的硝酸盐含量。光照度测定采用L-3000型便携式照度计。环境气温5~32℃, 空气相对湿度60%~90%。

#### 1.2.2 温度条件试验

以珍珠岩为基质, 把经过种子消毒后的大白菜种植在播种盘内, 株距10 cm, 放置在日光温室内, 浇灌氮素浓度23 mmol/L的营养液。当大白菜幼苗3片真叶展开后, 放置在生物培养箱中。光照度设定为3×10<sup>4</sup> Lx, 日照时数为12 h, 空气相对湿度为80%~85%。温度设置为5个处理, 分别为, 适温(CK): 昼温22℃, 夜温10℃; 高温: 昼温28℃, 夜温17℃; 高温胁迫: 昼夜温度36℃; 低温: 昼温10℃, 夜温5℃; 低温胁迫: 昼夜温度-1℃。处理时间为1周。以适温条件为对照, 3次重复, 随机排列。测定不同品系大白菜在各个处理条件下的植株叶片硝酸盐含量。

#### 1.2.3 水分条件试验

以珍珠岩为基质, 把经过种子消毒后的大白菜种植在播种盘内, 株距10 cm, 放置在日光温室内, 浇灌氮素浓度23 mmol/L的营养液。当大白菜幼苗3片真叶展开后, 进行不同的水分条件处理: ①正常的水分管理(CK), 基质含水量为田间最大持水量的80%~85%; ②控水4 d, 基质含水量为田间最大持水量的73%; ③控水6 d, 基质

收稿日期: 2007-07-04 修订日期: 2008-06-12

基金项目: 解放军总后勤部军需部资助项目[(需)020278]

作者简介: 陶正平(1962—), 男, 吉林白山人, 教授, 主要从事绿色食品蔬菜栽培生理研究。广州 广东农工商职业技术学院, 510507。

Email: tzps@126.com

含水量为田间最大持水量的 50%；④控水 8 d，基质含水量为田间最大持水量的 45%。控水处理完成后再恢复浇水使叶片恢复正常，以正常水分管理为对照。3 次重复，随机排列。当植株恢复正常生长 3 d 后测定不同品系大白菜在各个处理条件下的植株叶片硝酸盐含量。环境气温 5~32℃，光照度  $0.54 \times 10^4 \text{ Lx} \sim 8.23 \times 10^4 \text{ Lx}$ ，空气相对湿度 60%~90%，各处理保持一致。

#### 1.2.4 根际含盐量试验

大白菜水培方式同光照度试验方法。在大白菜幼苗 3 叶期，在营养液中加入不同量的 NaCl 设置盐胁迫条件，NaCl 浓度分别为 25、50、75 mmol/L，以不加 NaCl 为对照，3 次重复，随机排列。10d 后测定不同品系大白菜品系在各个处理条件下的植株叶片硝酸盐含量。环境气温 5~32℃，光照度  $0.54 \times 10^4 \text{ Lx} \sim 8.23 \times 10^4 \text{ Lx}$ ，空气相对湿度 60%~90%，各处理保持一致。

#### 1.2.5 根际氧气含量试验

大白菜水培方式同光照度试验的方法。在大白菜植株 3 叶期进行根际氧气含量试验，在营养液中利用充气泵充气，以不同的充气时间设置营养液的溶氧量。设置 4 个处理分别是：充气时间为 24 h 连续充气、每天充气 12 h、每天充气 6 h、不充气。以 24 h 连续充气为对照，3 次重复，随机排列。处理 10 d 后测定植株叶片硝酸盐含量。营养液溶氧量测定采用 DC-5100 型测氧仪测定，各处理营养液溶氧量见表 2。环境气温 5~32℃，光照度  $0.54 \times 10^4 \text{ Lx} \sim 8.23 \times 10^4 \text{ Lx}$ ，空气相对湿度 60%~90%，各处理保持一致。

#### 1.2.6 CO<sub>2</sub> 气体浓度试验

大白菜水培方式同光照度试验的方法。在大白菜幼苗 3 叶期开始试验，在每个栽培槽上设置小拱棚，利用装有 CO<sub>2</sub> 压缩气体的钢瓶向小拱棚内施用 CO<sub>2</sub>。分为 4 个处理：自然条件浓度（不施用 CO<sub>2</sub>，浓度在 310 μL/L）、浓度 500、750 和 1000 μL/L。在每天早 8 时开始施用 CO<sub>2</sub>，补充 CO<sub>2</sub> 到设定浓度即停止施用。利用 HWF-1A 型便携式红外二氧化碳测定仪测定小拱棚内 CO<sub>2</sub> 浓度。处理 10 d 后测定植株叶片硝酸盐含量，以不施 CO<sub>2</sub> 为对照，三次重复，随机排列。环境气温 10~33℃，光照度  $0.43 \times 10^4 \text{ Lx} \sim 7.56 \times 10^4 \text{ Lx}$ ，空气相对湿度 70%~95%，各处理保持一致。

以上实验硝酸盐含量测定采用《现代植物生理学实验指南》<sup>[9]</sup>中提供的方法。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同品系大白菜在不同光照条件下硝酸盐富集力的差异

从表 1 可以看出，随着遮光率的提高，不同品系的大白菜硝酸盐含量都表现增加的趋势。而硝酸盐富集力高的大白菜品系 02-32 硝酸盐含量增加的数量较大；硝酸盐富集力中等的大白菜品系 03-52 遮光率在 0~50% 之间变化不大，当遮光率增加到 75% 时，硝酸盐含量增加幅度明显增大；硝酸盐富集力低的大白菜品系 03-59 随着遮光率的增加，硝酸盐含量增加最少。在同一种遮光率的

条件下，品系之间的硝酸盐含量差异达到极显著。说明光照度降低可增加大白菜硝酸盐的含量，但在大白菜品系之间硝酸盐含量的变化差异很大，硝酸盐富集力低的品系即使是在较弱的光照条件下，硝酸盐的含量也是处于较低的水平。

表 1 光照条件对不同品系大白菜硝酸盐含量的影响

Table 1 Effects of lighting conditions on the nitrate content of Chinese cabbages of different genotypes

遮光率 /%	10 d 平均光照 强度 10 <sup>4</sup> Lx	大白菜不同品系硝酸盐含量/mg · kg <sup>-1</sup>		
		02-32	03-52	03-59
0(CK)	7.56aA	2350 d D	1580 cC	656dD
45	4.89bB	2561 c C	1590cC	758cC
50	4.55bB	2581 cC	1595cC	789cC
75	3.05cC	2960 b B	1758bB	856bB
90	1.35dD	3100 a A	2034 aA	1033 aA

注：邓肯氏新复极差测验，不同大写字母为差异达极显著( $\alpha=0.01$ )，不同小写字母为差异达显著水平( $\alpha=0.05$ )。下表同图。

### 2.2 不同品系大白菜在不同温度条件下硝酸盐富集力的差异

从图 1 可以看出，环境温度的升高，大白菜各品系的硝酸盐含量均增高，但硝酸盐富集力低的品系升高的幅度较小。但在低温胁迫和高温胁迫下，大白菜各品系的硝酸盐含量均在较高的水平，尤其是在高温胁迫条件下，三个品系的大白菜硝酸盐含量最高而且差异不显著。有可能是在高温或低温胁迫下，硝酸盐在植株体内的代谢过程受到抑制，而根系对硝酸盐的吸收受温度胁迫的抑制较轻，从而使硝酸盐在体内大量积累。有关温度条件对蔬菜硝酸盐积累的影响，以前有过报道<sup>[10,11]</sup>，黄建国等<sup>[11]</sup>研究认为，气温与蔬菜硝酸盐含量之间呈反相关，但本研究的结论同有关报道的结论不一致。

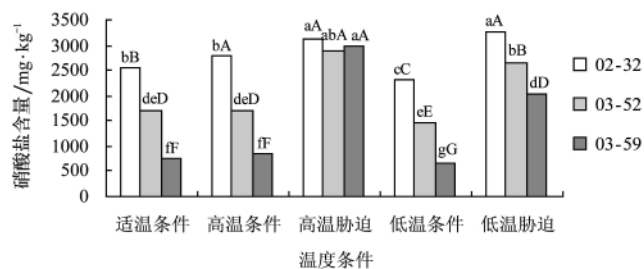


图 1 温度条件对不同品系大白菜硝酸盐含量的影响

Fig.1 Effects of temperature on the nitrate content of Chinese cabbages of different genotypes

### 2.3 不同品系大白菜在不同水分条件下硝酸盐富集力的差异

从图 2 中可以看出，随着水分胁迫程度的增加，不同品系大白菜硝酸盐含量均有增加的趋势。这同徐暄<sup>[12]</sup>的结论一致。在同一水分胁迫环境中不同品系大白菜硝酸盐含量差异也显著，硝酸盐低富集力的品系 03-59 其硝酸盐含量始终处于较低水平，而硝酸盐高富集力的品系 02-32 的硝酸盐含量始终高于 03-59 一倍以上，中间类型品系 03-52 处于中间状态。

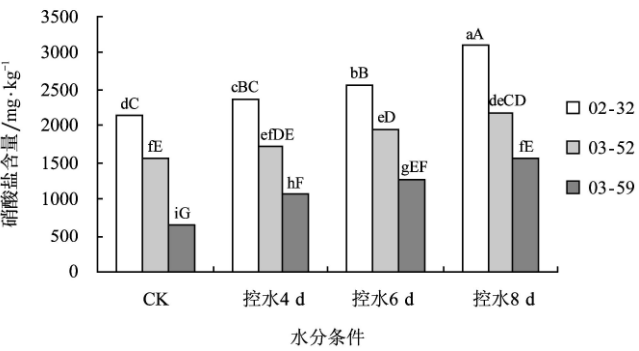


图 2 水分条件对不同品系大白菜硝酸盐含量的影响  
Fig.2 Effects of moisture on the nitrate content of Chinese cabbages of different genotypes

2.4 不同品系大白菜在不同根际盐胁迫条件下硝酸盐富集力的差异

从图 3 可知，随着营养液中 NaCl 浓度的提高，3 个品系大白菜的硝酸盐含量均大幅度下降，这同以前的报道基本一致<sup>[13-16]</sup>。尤其是硝酸盐富集力高的大白菜品系 02-32，其硝酸盐含量下降幅度最大。而硝酸盐富集力低的大白菜品系 03-59 虽然有下降趋势但幅度不大。在高浓度盐胁迫下（NaCl 含量在 75 mmol/L）大白菜的 3 个品系之间硝酸盐含量差异不明显。有可能是在盐胁迫下，大白菜对氮素的吸收能力减弱导致大白菜硝酸盐含量下降。而盐胁迫之所以对硝酸盐富集力低的大白菜品系硝酸盐含量影响较小，可能是其硝酸盐富集力低的主要原因不是对氮素吸收能力低的缘故，而是对体内氮素代谢能力较强的缘故。

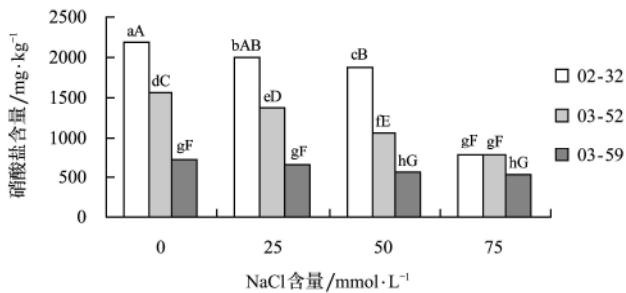


图 3 根际盐胁迫对不同品系大白菜硝酸盐含量的影响  
Fig.3 Effects of salt stress in rhizosphere on the nitrate content of Chinese cabbages of different genotypes

2.5 不同品系大白菜在不同根际氧气含量条件下硝酸盐富集力的差异

从表 2 可知，大白菜 3 个品系随着根际氧气含量的下降，硝酸盐的含量均有下降趋势，这同刘永刚的结论一致<sup>[17]</sup>。尤其是硝酸盐富集力高的大白菜品系其硝酸盐含量下降较大，而硝酸盐富集力低的大白菜品系在各个处理之间差异不显著。说明根际缺氧可影响大白菜对氮素的积累数量，对硝酸盐富集力高的大白菜品系抑制的程度严重；缺氧对硝酸盐富集力低的大白菜品系硝酸盐含量影响较小，可能是其硝酸盐富集力低的主要原因不是

对氮素吸收能力低，而是对体内氮素代谢能力较强的缘故。

表 2 根际氧气含量对不同品系大白菜硝酸盐含量的影响  
Table 2 Effects of oxygen content in rhizosphere to the nitrate content of Chinese cabbages of different genotypes

充氧时间 /h	营养液溶氧量 mg · L <sup>-1</sup>	大白菜不同品系硝酸盐含量/mg · kg <sup>-1</sup>		
		02-32	03-52	03-59
24(CK)	10.20abA	2257aAB	1608aAB	602aA
12	9.95bA	2169bB	1556bB	587abA
6	6.58cB	1530cC	1350cC	554bAB
0	4.02dC	1150dD	1053dD	508cB

2.6 不同品系大白菜在不同 CO<sub>2</sub> 施肥水平条件下硝酸盐富集力的差异

由图 4 可知随着 CO<sub>2</sub> 施肥量的增加，大白菜不同品系的硝酸盐的含量均有下降趋势，硝酸盐富集力高的品系和硝酸盐富集力中等的品系在不同处理之间差异达到极显著，而硝酸盐富集力低的品系在处理之间差异不显著。提高空气环境中的 CO<sub>2</sub> 浓度可增加植株的光合作用，增加体内的光合产物的积累量，硝酸盐含量降低的原因可能是体内含碳化合物的增多，增加对氮素的同化，促进了氮素的代谢速度，进而降低硝酸盐的含量。由于硝酸盐富集力低的品系本身氮素代谢非常旺盛，所以增加体内碳水化合物的数量对降低硝酸盐的含量不明显。

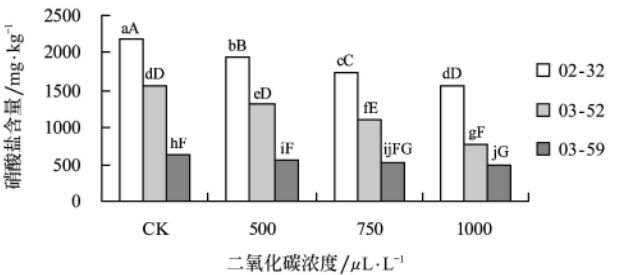


图 4 CO<sub>2</sub> 施肥对不同品系大白菜硝酸盐含量的影响  
Fig.4 Effects of CO<sub>2</sub> concentration on the nitrate content of Chinese cabbages of different genotypes

3 结 论

随着光照度的下降，不同品系大白菜硝酸盐含量均表现出增加趋势，但硝酸盐富集力低的品系增加的量较小；环境温度的升高，大白菜各品系的硝酸盐含量均增高，但硝酸盐富集力低的品系升高的幅度较小，在低温胁迫和高温胁迫下，大白菜各品系的硝酸盐含量均在较高的水平；随着水分胁迫程度的增加，不同品系大白菜硝酸盐含量均有增加的趋势，但硝酸盐富集力低的品系硝酸盐含量变化较小；随着盐胁迫程度的增加，大白菜不同品系的硝酸盐含量均大幅度下降，硝酸盐富集力高的大白菜品系硝酸盐含量下降最大，而在高浓度盐胁迫下品系之间差异不明显；随着根际氧气含量的下降，大白菜各品系硝酸盐的含量均有下降趋势，尤其是硝酸盐富集力高的大白菜品系其硝酸盐含量下降较大，而硝酸

盐富集力低的大白菜品系在各个处理之间差异不显著；随着  $\text{CO}_2$  施肥量的增加，大白菜不同品系的硝酸盐的含量均有下降趋势，但硝酸盐富集力低的品系变化不显著。

在不同品系大白菜中，硝酸盐富集力高的大白菜品系对各种环境的敏感程度，要比硝酸盐富集力低的大白菜品系高。大白菜硝酸盐富集力低的品系硝酸盐含量在各种环境条件变化中，比硝酸盐富集力高的大白菜品系相对稳定一些。

#### [参 考 文 献]

- [1] 汪李平, 向长萍, 王运华. 我国蔬菜硝酸盐污染状况及防治途径研究进展(上)[J]. 长江蔬菜, 2000, (4): 1—4.
- [2] 汪李平, 向长萍, 王运华. 我国蔬菜硝酸盐污染状况及防治途径研究进展(下)[J]. 长江蔬菜, 2000, (5): 1—4.
- [3] B·A·CeMeHoB 等. 农作物积累硝酸盐的农业生态因素[J]. 国外农业环境保护, 1991, (1): 24—26.
- [4] 李树华, 许 兴, 何 军, 等. 水分胁迫对牛心朴子光合生理特性影响的研究[J]. 西北植物学报, 2004, 24(1): 100—104.
- [5] 殷允相, 杨 俊, 林孔仪, 等. 银川地区蔬菜硝酸盐类含量、污染评价及防治途径研究[J]. 宁夏农林科技, 1993, (1): 40—43.
- [6] 艾绍英, 杨莉姚, 建 武, 等. 蔬菜累积硝酸盐的研究进展[J]. 中国农学通报, 2000, 16(5): 45—46.
- [7] 陈振德, 程炳嵩. 蔬菜中硝酸盐及其与人体健康[J]. 中国蔬菜, 1988, (1): 40—42.
- [8] 王少先, 章和珍, 张保根, 等. 蔬菜硝酸盐污染及其防治[J]. 江西农业学报, 1998, 10(4): 86—90.
- [9] 中国科学院上海植物生理研究所. 现代植物生理实验指导[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 256—289.
- [10] 郭丽娜, 刘秀珍, 赵兴杰. 施肥与环境因素对蔬菜硝酸盐积累的影响研究进展[J]. 山西农业大学学报, 2005, 25(4): 416—419.
- [11] 黄建国, 袁 玲. 重庆市蔬菜硝酸盐、亚硝酸盐含量及其与环境的关系[J]. 生态学报, 1996, 16 (4): 383—388.
- [12] 徐 暄. 影响蔬菜中硝酸盐积累的因素及防治措施[J]. 安徽农学通报, 2003, 9 (4): 72—73.
- [13] 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.
- [14] Mccall D, Willumsen J. Effects of nitrogen availability and supplementary light on the nitrate content of soil-grown lettuce[J]. Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 1999, 74 (4): 458—463.
- [15] Isabel S, Vieira, Ernesto P, et al. Nitrate accumulation, yield and leaf quality of turnip greens in response to nitrogen fertilization[J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 1998, (51): 249—258.
- [16] Bloom Zandstra M, Lampe J E M. The effects of chloride and sulfate salt on the nitrate content in lettuce plant[J]. J Plant Nutr, 1983: 611—628.
- [17] 刘永刚, 陈立军, 武志杰. 蔬菜中硝酸盐积累机制及其调控措施[J]. 土壤通报, 2006, 37(3): 613—614.

## Effects of environmental factors on nitrate content of Chinese cabbage

Tao Zhengping<sup>1,2</sup>, Yin Kaidan<sup>1</sup>

(1. Guangdong Agriculture, Industrial and Business Polytechnic College, Guangzhou 510507, China;

2. College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China)

**Abstract:** To explore the influences of environmental conditions on Chinese cabbage nitrate accumulation, three Chinese cabbage varieties, with different nitrate enrichment abilities, were selected to be cultured in hydroponics in order to observe the differences of nitrate content among different genotypes of Chinese cabbage in different environmental conditions and to provide the references to depress the nitrate content of Chinese cabbage. The result showed that those environmental conditions, such as light, temperature, moisture, aeration conditions in hydroponics and salt stress, obviously influenced the nitrate content of Chinese cabbages of different genotypes. Among different genotypes, the nitrate content of the Chinese cabbage of high nitrate enrichment ability changed most with the changes of environments. While that of those varieties of low nitrate enrichment ability changed little. Therefore, the nitrate content of Chinese cabbage can be reduced by controlling environmental conditions and cultivating new breeds.

**Key words:** environmental factors; Chinese cabbage; nitrate