

# 液培条件下氮素形态和化控技术对蔬菜硝酸盐累积的影响

李海英<sup>1,2</sup>, 彭光浩<sup>1</sup>

(1 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008; 2 中国科学院研究生院, 北京 100049)

**摘要:** 以生菜和青菜作为供试材料, 在液培条件下, 研究了不同形态 N 素对蔬菜硝酸盐累积的影响, 同时观测了叶面喷施两种低硝化剂的化控技术对降低蔬菜硝酸盐积累的效果。研究表明: N 素形态对生菜的生长和硝酸盐的积累影响显著, 而对青菜的影响不显著; 相同形态 N 素供应时, 青菜叶片中硝酸盐含量显著高于生菜中的含量, 硝酸盐的积累取决于不同蔬菜品种的遗传特性。青菜和生菜叶面喷施两种低硝化剂对降低蔬菜中硝酸盐含量的作用不显著。

**关键词:** 氮素形态; 化控技术; 硝酸盐积累; 蔬菜; 液培

**中图分类号:** S143.1; S63

营养液栽培作为一种先进的栽培模式, 具有许多土壤栽培无法比拟的优点。首先可以在土壤环境恶化及无土壤的地方生产新鲜蔬菜, 其次可以大幅度提高产量, 减少病虫害发生, 降低农药的用量, 适应规模化生产的需要。但营养液栽培叶菜硝酸盐积累严重。蔬菜中硝酸盐对人类健康的潜在危害已被大量试验所证实, 显然, 降低其硝酸盐积累是绿色产品生长的必然要求之一。

大量研究表明, 不同 N 素形态的化学 N 肥能显著影响蔬菜的生长和硝酸盐含量<sup>[1-2]</sup>。单纯供应  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  往往会抑制  $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  的吸收, 并带来氨害, 影响生长<sup>[3]</sup>; 其中  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  与  $\text{NO}_3^-\text{-N}$  的比值是决定蔬菜硝酸盐含量的重要因素<sup>[4]</sup>。近年来一些研究结果表明, 依靠化控技术, 如蔬菜叶面喷施微量元素或化学物质等可降低其体内硝酸盐的积累<sup>[5-7]</sup>。

本文采用南京地区普遍种植的生菜和青菜, 利用营养液栽培方式, 通过调节营养液中的 N 素形态, 研究其对蔬菜的生长及硝酸盐积累的影响; 同时喷施低硝化剂, 观察化控技术降低蔬菜硝酸盐累积的效果。以期在营养液栽培条件下, 通过改变 N 素形态、利用化控技术来达到降低蔬菜硝酸盐积累、提高蔬菜品质的目的。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试材料

青菜: 品种为绿星青菜(南京绿领种业有限公司); 生菜: 品种为意大利耐抽苔生菜(南京良华农业科技发展有限公司)。

日本低硝化剂(ツヨウサソカット, 株式会社アティヒエス, 特許申請中); 自我研制的新型低硝化剂(专利申请中, 其中钼酸钠浓度约为 5.1 g/L)。

### 1.2 营养液配方

根据大泽营养液配方<sup>[8]</sup>提供的各种元素基本用量, 以自己试验设计的需要, 在本试验营养液配方中未添加 Mo, 而是采用叶面喷施含 Mo 的低硝化剂进行处理。

### 1.3 试验设计

试验于 2005 年 9 月至 11 月在南京土壤研究所温室中进行。

青菜和生菜种子经过消毒、浸种、催芽后, 于细河沙中育种; 出苗后浇自来水, 一周后浇 1/2 营养液浓度, 2 片真叶后浇全营养液, 待长到 4~5 片真叶时, 移栽于盛有 6 L 全营养液的瓷盆(规格为: 直径 20 cm, 高 20 cm)中, 每盆栽种 7 株, 每天 24 h 通气, 5 天换 1 次营养液。

营养液根据 N 素形态分为两种: 一种 N 素形态全部为  $\text{NO}_3^-\text{-N}$ (I 液); 另一种为  $\text{NH}_4^+\text{-N}:\text{NO}_3^-\text{-N}=1:1$ (II 液)。营养液中其余各元素形态和浓度都相同。在蔬菜采收前 2~3 周开始喷施低硝化剂, 每次于下午 4:30 之后喷施; 总共喷施 3 次。设喷施日本低硝化剂 (1), 自我研制的新型低硝化剂 (2) 和对照 3 个处理, 每个处理重复 3 次。

蔬菜进行全生育期培养, 即生长 50 天后, 一次性采收进行分析测定。

### 1.4 测定方法

植株含硝酸盐量测定采用 Cataldo<sup>[9]</sup>的水杨酸-浓

硫酸法(以鲜重计);Vc含量测定采用钼酸铵比色法<sup>[10]</sup>(以鲜重计)。

### 1.5 数据处理

数据用计算机软件 SPSS 进行统计分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同形态 N 素对生菜、青菜生长和硝酸盐累积的影响

2.1.1 不同形态 N 素对生菜生长和硝酸盐累积的影响 由表 1 可以看出,生菜在 II 营养液中生长时,地上部鲜重平均为 47.16 g/株,而在 I 营养液中地上部鲜重平均只有 28.94 g/株,在 II 液中生长情况显著好于在 I 液中;II 液中生菜硝酸盐含量为 1094 mg/kg,显著低于在 I 液中的含量 2374 mg/kg。

可见营养液  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  和  $\text{NO}_3^-\text{-N}$  比例为 1:1 时,对生菜的生长和硝酸盐累积的降低更为有效。

表 1 不同形态 N 素对生菜生长和硝酸盐累积的影响

Table 1 Effect of N form on growth and nitrate accumulation of lettuce

处理	地上部鲜重 (g/株)	硝酸盐含量 (mg/kg)
I	28.94 ± 3.49 a	2374 ± 26.84 a
II	47.16 ± 1.93 b	1094 ± 47.90 b

注:表中同列不同小写字母表示在  $p < 0.05$  水平下差异显著,下同。

2.1.2 不同形态 N 素对青菜生长和硝酸盐累积的影响 由表 2 可以看出,青菜在 I、II 两种营养液中生长时,地上部鲜重没有显著性差异;I 液中青菜叶片和叶柄的硝酸盐含量分别为 6585 mg/kg 和 14696 mg/kg,II 液中叶片和叶柄的硝酸盐含量分别为 6578 mg/kg 和 12937 mg/kg,青菜在 I、II 两种营养液中生长叶片和叶柄中的硝酸盐累积都没有显著性的差异;因此,两种不同形态 N 素对青菜硝酸盐的生长和硝酸盐累积没有显著性差异。

表 2 不同形态 N 素对青菜生长和硝酸盐累积的影响

Table 2 Effect of N form on growth and nitrate accumulation of Chinese cabbage

处理	地上部鲜重 (g/株)	硝酸盐含量 (mg/kg)	
		叶片	叶柄
I	85.52 ± 16.29 a	6585 ± 901.3 a B	14696 ± 1114 a A
II	61.32 ± 7.29 a	6578 ± 366.1 a B	12937 ± 1337 a A

注:表中小写字母表示同一列进行比较,大写字母表示同一行进行比较,均为  $p < 0.05$ ,下表同。

在两种营养液中培育时,青菜叶柄中的硝酸盐含量都显著高于叶片中的硝酸盐含量,产生这种情况的原因可能是蔬菜不同部位转化、还原  $\text{NO}_3^-\text{-N}$  的能力不同。

2.1.3 同种营养液栽培时,两种蔬菜叶片中硝酸盐累积量的比较 由表 1、2 可以看出,同种营养液栽培时,青菜地上部鲜重显著高于生菜,且青菜叶片中硝酸盐含量显著高于生菜。同种条件栽培时,上述两个不同物种硝酸盐的累积能力不同,物种间硝酸盐累积的差异可能受遗传因子的控制<sup>[11-15]</sup>。因此,生产实践中可以选育低硝酸盐累积的品种,以便获得绿色、优质、安全的蔬菜。

### 2.2 叶面喷施低硝化剂对蔬菜硝酸盐含量和 Vc 含量的影响

在营养液栽培条件下,叶面喷施低硝化剂对生菜和青菜的生长以及硝酸盐累积都没有显著的影响。测定结果(表 3、表 4)表明:在 I 液中,生菜地上部鲜重变化范围为 28.94 ~ 29.39 g/株,青菜为 79.48 ~

85.52 g/株;生菜叶片的硝酸盐含量变化范围为 2374 ~ 3065 mg/kg,而青菜叶片为 6062 ~ 6585 mg/kg,叶柄 13333 ~ 14696 mg/kg。喷施 1 和 2 两种低硝化剂处理与 CK 没有显著差异。同样在 II 液中,亦是如此。

喷施低硝化剂处理对生菜和青菜 Vc 含量也都没有显著性影响。在 I 液中,生菜 Vc 含量为 140.4 ~ 164.6 mg/kg,青菜叶片含量为 337.2 ~ 439.6 mg/kg,青菜叶柄 117.1 ~ 175.8 mg/kg;在 II 液中,生菜 Vc 含量变化范围为 271.1 ~ 276.6 mg/kg,青菜叶片 442.2 ~ 526.7 mg/kg,青菜叶柄 147.3 ~ 207.2 mg/kg。统计分析表明,在 I、II 液中,各处理青菜叶柄的 Vc 含量均显著低于叶片中的含量。

由以上结果可见,利用这种化控技术来降低蔬菜硝酸盐累积的目的没有达到,可能在营养液栽培条件下,营养液提供丰富的 N 素,蔬菜大量吸收 N,在体内大量积累硝酸盐,蔬菜从营养液中吸收硝酸盐的速度远远超过了通过化控技术降低的量,叶面喷施低硝化剂对降低蔬菜硝酸盐的含量没有效果。

表 3 喷施低硝化剂对生菜生长、硝酸盐含量和 Vc 含量的影响

Table 4 Effects of foliar spraying of nitrate lowering agent on growth, nitrate content and Vc content of lettuce

处理	地上部鲜重 (g/株)	硝酸盐含量 (mg/kg)	Vc含量 (mg/kg)
I	28.94 ± 3.49 a	2374 ± 26.84 a	164.6 ± 78.1 a
I+1	29.39 ± 2.91 a	2789 ± 305.6 a	140.4 ± 11.6 a
I+2	29.17 ± 2.14 a	3065 ± 391.7 a	158.0 ± 69.6 a
II	47.16 ± 1.93 b	1094 ± 47.90 b	271.1 ± 100.0 a
II+1	43.87 ± 2.32 b	1002 ± 54.81 b	272.2 ± 59.1 a
II+2	55.53 ± 4.63 b	1028 ± 39.16 b	276.6 ± 86.9 a

表 4 喷施低硝化剂对青菜生长、硝酸盐含量和 Vc 含量的影响

Table 5 Effects of foliar spraying of nitrate lowering agent on growth, nitrate content and Vc content of Chinese cabbage

处理	地上部鲜重 (g/株)	硝酸盐含量 (mg/kg)		Vc 含量 (mg/kg)	
		叶片	叶柄	叶片	叶柄
I	85.52 ± 16.29 a	6585 ± 901.3 a B	14696 ± 1114 a A	337.2 ± 123.0 a A	117.1 ± 35.0 a B
I+1	82.96 ± 3.77 a	6236 ± 984.5 a B	14016 ± 373.0 a A	388.0 ± 196.0 a A	175.8 ± 89.2 a B
I+2	79.48 ± 6.50 a	6062 ± 912.5 a B	13333 ± 875.9 a A	439.3 ± 168.0 a A	125.8 ± 36.1 a B
II	61.32 ± 7.29 a	6578 ± 366.1 a B	12937 ± 1337 a A	442.2 ± 57.4 a A	207.2 ± 40.0 a B
II+1	64.22 ± 4.67 a	6563 ± 828.6 a B	12155 ± 297.0 a A	525.3 ± 226.0 a A	147.3 ± 32.2 a B
II+2	61.44 ± 16.98 a	7109 ± 493.1 a B	12060 ± 756.9 a A	526.7 ± 248.0 a A	164.6 ± 63.1 a B

### 3 结论

(1) 在液培条件下, 上述两种形态 N 素显著影响生菜的生长和硝酸盐的积累, 而对青菜的生长和硝酸盐的积累没有显著性影响; 青菜的硝酸盐积累显著高于生菜。不同蔬菜品种硝酸盐积累的差异可能受遗传因子的控制。

(2) 上述两种营养液栽培条件下, 叶面喷施低硝化剂未能起到降低生菜和青菜硝酸盐积累的效果。因此, 在设施栽培中, 利用这种化控技术来降低蔬菜中硝酸盐的积累是不可取的。

#### 参考文献:

- [1] 胡承孝, 邓波儿. 施用氮肥对小白菜, 番茄中硝酸盐积累的影响. 华中农业大学学报, 1992, 11 (3): 239-243
- [2] 周艺敏, 张金盛. 不同栽培与施肥条件下蔬菜的氮肥利用率及氮肥去向的研究. 土壤学报, 2002, 39 (增刊): 270-275
- [3] 池田英男. 野菜の生育と室素栄養. 农业および园艺, 1987, 62(2): 335-340
- [4] 王利群, 董英, 黄达明. 蔬菜硝酸盐的积累及其生理机制研究进展. 江苏农业科学, 2002(6): 78-81
- [5] 汪李平, 王运华. 我国蔬菜硝酸盐污染状况及防治途径研究进展(上). 长江蔬菜, 2000, (4): 1-4
- [6] 刘敏超. 蔬菜的硝酸盐污染及防止措施. 现代化农业, 2002, 4: 6-7
- [7] 任祖淦, 蔡元程. 化学氮肥对蔬菜硝酸盐污染影响的研究. 中国环境科学, 1997, 17(4): 326-329
- [8] 高祖明, 张春兰, 倪金应. 黄瓜等九种蔬菜与 NO<sub>3</sub>-N 亲和力的研究. 南京农业大学学报, 1990, 13(1): 75-79
- [9] Cataldo DA, Haroon M, Schrader LE, Youngs VL. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 1975, 6: 71-80
- [10] 高俊凤. 植物生理学实验技术. 西安: 世界图书出版社西安公司, 2000: 162-163
- [11] 艾绍英, 杨莉, 姚建武. 蔬菜累积硝酸盐的研究进展. 中国农学通报, 2000, 16(5): 45-46
- [12] Ceme BA, 蒋自立. 农作物积累硝酸盐的农业生态因素. 国外农业环境保护, 1991 (1): 24-26
- [13] Araeb BA. 蔡元定. 植物积累硝酸盐的农业生态因素. 土壤学进展, 1992, 20 (2): 20-24
- [14] 申秀英, 许晓路. 蔬菜硝酸盐积累机制及影响因素. 农业环境与发展, 1998, 15(3): 4-6, 20
- [15] 塔娜, 田维平. 蔬菜的硝酸盐积累问题. 内蒙古科技与经济, 1998, 6: 56-57

## Effect of Nitrogen Form and Chemical Control Technique on Nitrate Accumulation of Vegetables in Nutrient Solution Culture

LI Hai-ying<sup>1,2</sup>, PENG Guang-hao<sup>1</sup>

( 1 *Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China;*

2 *Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China* )

**Abstract:** Two kinds of vegetables (lettuce and Chinese cabbage) were used in a hydroponic experiment on effects of nitrogen form and foliar spraying of nitrate-lowering agents on nitrate accumulation in the vegetables growing in nutrient solution. Results showed that the effects of nitrogen form were significant on growth and nitrate accumulation of lettuce and almost not on Chinese cabbage. When receiving the same form of nitrogen, Chinese cabbage was found significantly higher than lettuce in nitrate concentration in leaf, suggesting that the accumulation of nitrate is determined by inherited characteristics of different vegetables. The effects of foliar spraying of two kinds of nitrate-lowering agents were not significant on lowering nitrate content in vegetables.

**Key words:** Nitrogen species, Chemical control technology, Nitrate accumulation, Vegetable, Nutrient solution culture