

文章编号: 1001-411X(2000)02-0014-04

# 氮素供应水平对蔬菜硝酸盐累积与分布的影响

艾绍英<sup>1</sup>, 唐拴虎<sup>1</sup>, 李生秀<sup>2</sup>, 史崇英<sup>2</sup>

(1 广东省农科院土肥所, 广东 广州 510640; 2 西北农业大学资环系, 陕西 杨陵 712100)

**摘要:** 采用蛭石培养试验, 研究了不同供氮水平对蔬菜硝酸盐累积和分布的影响。结果表明, 油白菜和大青菜的硝酸盐含量明显高于日本超能菠菜和宁夏圆叶菠菜; 油白菜、大青菜和宁夏圆叶菠菜体中, 叶柄的硝酸盐含量最高, 也是累积硝酸盐的主要分布部位, 侧根、叶片和叶柄则依次是日本超能菠菜在低、中、高氮水平下硝酸盐含量最高和主要分布部位; 随供氮水平提高, 4 种蔬菜的主根、侧根、茎、叶柄和叶片的硝酸盐含量明显提高, 油白菜、大青菜和宁夏圆叶菠菜分布于叶片中的硝酸盐数量增大, 主根和侧根的数量趋于减小, 而日本超能菠菜分布于主根和茎的数量逐渐增大。

**关键词:** 供氮水平; 蔬菜; 硝酸盐累积与分布

中图分类号: S 636; Q 945.12

文献标识码: A

不同作物累积硝酸盐的能力各异, 绿叶菜类因其耐肥性极强, 体内常累积有大量硝酸盐, 降低了其营养价值。累积在蔬菜体内的硝酸盐在不同部位的含量又相差悬殊, 一般根中的含量较茎、叶等部位高, 茎和叶柄的含量又常常高于叶片、花和果实<sup>[1]</sup>。因此, 降低蔬菜可食部位的硝酸盐含量是改善其卫生品质的关键<sup>[2]</sup>。本文研究了 4 种叶菜类蔬菜在不同供氮水平下硝酸盐的累积及其在不同器官和部位的分布, 旨在探讨供氮量与蔬菜体中硝酸盐累积规律的关系, 为改善蔬菜品质提供理论依据。

## 1 材料与方法

供试蔬菜为油白菜、大青菜、宁夏圆叶菠菜和日本超能菠菜, 以大泽营养液为基本营养液, 含 N、P、K、S、Mg、Ca 分别为 12、1.5、4.2、4 mmol/L, 含 B、Mn、Zn、Cu、Mo、EDTA-Fe 分别为 0.5、0.5、0.05、0.02、0.01、2.8 mg/L, 设置高、中、低 3 个供氮水平, 即营养液中氮的浓度分别是 6、12、18 mmol/L。种子经过筛选后, 油白菜和大青菜直接播在装有蛭石的米氏盆中, 宁夏圆叶菠菜和日本超能菠菜则经催芽后播种, 出苗 1 周后定苗, 每盆留 6 株。之后至采样结束, 每隔 1 周浇相应氮浓度的营养液 250 mL, 并在生长期间视蔬菜长势适时补充适量水分。试验于 1996-04-05 播种, 5 月 21~30 日采样测定, 重复 4~6 次。

于晴天上午 8~9 点采样。将植株从米氏盆中完整取出, 清洗掉根系上的蛭石和养分, 按主根、侧根、茎、叶柄和叶片测定各器官和部位的硝酸盐含量, 具体方法是: 称取 1.00~2.00 g 鲜样于事先加入少量石英砂和 1 mL 体积分数为 30% 的三氯乙酸的研钵中, 研磨至匀浆后, 用 30 mL 蒸馏水分数次转入 80 mL

离心管中, 在 4 000 r/min 转速下离心 10 min, 上清液稀释后制成待测液, 用自动注射连续流动分析仪测定其中的硝态氮。

## 2 结果与分析

### 2.1 蔬菜的生长量和硝酸盐含量

氮素引起的生长效应既与供氮水平有关, 又因蔬菜种类和品种而异。表 1 表明, 营养液中氮浓度低时, 日本超能菠菜的生长量明显大于另外 3 种蔬菜, 前者是后者平均值的 1.6 倍。随氮浓度提高, 4 种蔬菜的生长量均呈增加趋势, 氮浓度由 6 mmol/L 提高到 12 mmol/L, 油白菜、大青菜、宁夏圆叶菠菜和日本超能菠菜的生长量分别增加 63.3%、65.2%、38.5% 和 37.1%; 氮浓度由 12 mmol/L 提高到 18 mmol/L 时, 生长量分别增加 12.1%、18.4%、15.4% 和 3.1%。

4 种蔬菜的硝酸盐含量与氮素供应水平有关(表 2), 随着营养液中氮浓度的提高, 硝酸盐含量明显增加。油白菜在营养液中氮浓度为 18 mmol/L 时是氮浓度为 12 mmol/L 时的 1.8 倍, 大青菜为 2.1 倍, 宁夏圆叶为 2.8 倍, 日本超能菠菜为 10.2 倍。相同供氮水平下, 4 种蔬菜整株的硝酸盐含量又存在差异, 油白菜、大青菜的含量明显高于 2 种菠菜。按蔬菜的硝酸盐允许量为 432 mg/kg (折合成硝态氮为 98 mg/kg) 计算<sup>[3]</sup>, 营养液中氮浓度为 6 mmol/L 时, 4 种蔬菜的硝酸盐含量均在可食范围内, 营养液中氮浓度为 18 mmol/L 时, 又都大大超出允许量值, 正常氮浓度下栽培时, 只有日本超能菠菜的硝酸盐含量在安全食用范围内。

收稿日期: 1999-11-30

作者简介: 艾绍英(1968~), 女, 助理研究员, 博士。

基金项目: 陕西省农业发展办公室和杨陵基金资助项目

表 1 不同氮营养水平的蔬菜生长量(g/株<sup>1</sup>)

Tab. 1 Vegetable yield at different nitrogen levels (g plant)

C(氮 Nitrogen) /(mmol·L <sup>-1</sup> )	油白菜 cabbage	大青菜 garden sass	宁夏圆叶菠菜 Ningxia spinach	日本超能菠菜 Japanese spinach
6	18.8	18.1	18.7	30.2
12	30.7	29.9	25.9	41.4
18	34.4	35.4	29.9	42.7

1) 每株鲜质量

2.2 蔬菜不同器官和部位的硝酸盐含量及分布

4 种蔬菜不同器官的硝酸盐含量见表 2 与整株的变化规律相同, 各器官和部位的硝酸盐含量均随营养液中氮浓度增加而增加。氮浓度低时, 油白菜的茎和叶片、宁夏圆叶菠菜的各器官和部位以及日本超能菠菜的主根、茎和叶柄均未检测到硝酸盐; 氮浓度为 18 mmol/L 时, 油白菜主根、侧根、茎、叶柄和叶片的硝酸盐含量又分别是氮浓度为 12 mmol/L 时的 1.9、2.6、1.9、1.5 和 3.4 倍, 大青菜分别是 3.0、2.9、2.3、1.6 和 4.2 倍, 宁夏圆叶菠菜分别是 2.5、2.7、2.3、2.8 和 3.4 倍, 日本超能菠菜分别是 19.8、3.6、24.0、13.9 和 21.0 倍。

同一氮水平下蔬菜不同器官硝酸盐含量差异更大。低氮水平下, 硝酸盐累积较少, 4 种蔬菜在各器官和部位的含量大小表现不一; 在另外 2 个氮水平下, 油白菜和大青菜的硝酸盐含量为叶柄>茎>主

根>叶片>侧根, 宁夏圆叶菠菜表现为叶柄>主根>茎>叶片>侧根, 而日本超能菠菜在氮水平高时, 各器官和部位的硝酸盐含量大小顺序与宁夏圆叶菠菜相同, 但在正常氮素供应水平下, 却是叶片>侧根>主根>茎>叶柄。

蔬菜的生长量和硝酸盐含量决定了其单株累积量的大小, 各器官或部位的生长量和硝酸盐含量又决定累积硝酸盐在蔬菜体中的分布情况。从表 3 可以看出, 在 3 个氮水平下, 油白菜、大青菜和宁夏圆叶菠菜的硝酸盐主要分布于叶柄, 叶柄是这 3 种蔬菜硝酸盐的最主要贮藏部位。随供氮水平提高, 上述 3 种蔬菜叶片的贮藏作用增大, 主根和侧根的作用趋于减小, 而日本超能菠菜则由侧根为最大的贮藏部位依次变为叶片和叶柄, 同时主根和茎的贮藏作用也逐渐增大。

表 2 不同氮营养水平下蔬菜的硝态氮含量(mg/kg)

Tab. 2 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N contents of vegetables at different nitrogen levels (mg/kg)

蔬菜 vegetables	C(氮 nitrogen) /(mmol·L <sup>-1</sup> )	主根 main root	侧根 lateral root	茎 stem	叶柄 petiole	叶片 blade	整株 entire plant
油白菜	6	131.6	41.0	未检出	128.2	未检出	53.4
	12	833.3	65.6	986.2	1349.1	140.0	654.9
	18	1542.9	172.2	1819.9	2046.6	480.5	1168.8
大青菜	6	49.1	8.9	63.5	119.7	9.5	46.7
	12	544.2	63.2	795.7	1277.5	165.5	637.3
	18	1654.4	183.9	1840.2	1982.8	686.7	1318.5
宁夏圆叶菠菜	6	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出
	12	499.6	109.2	266.0	518.8	168.1	259.5
	18	1229.6	294.7	614.4	1426.0	567.5	724.0
日本超能菠菜	6	未检出	26.1	未检出	未检出	15.8	14.9
	12	40.9	63.9	22.4	21.2	83.6	60.6
	18	808.7	232.5	537.8	1162.9	444.7	618.7

表3 蔬菜各器官和部位硝酸盐累积量占整株累积量的比例(%)

Tab. 3 Nitrate distribution percentage in different organs of vegetables (%)

蔬菜 vegetables	C(氮 nitrogen) /(mmol·L <sup>-1</sup> )	主根 main root	侧根 lateral root	茎 stem	叶柄 petiole	叶片 blade
油白菜	6	11.8	16.7	0	71.5	0
	12	5.0	1.6	1.9	83.2	8.3
	18	3.5	1.9	2.7	75.9	16.0
大青菜	6	4.6	4.9	2.3	80.7	7.5
	12	2.6	1.7	2.5	83.7	9.5
	18	2.8	1.5	2.4	74.8	18.5
宁夏圆叶菠菜	6	—	—	—	—	—
	12	5.2	6.6	21.0	40.9	26.3
	18	4.0	6.8	15.6	40.8	32.8
日本超能菠菜	6	0	56.2	0	0	43.8
	12	2.1	23.2	1.3	8.5	64.9
	18	3.1	6.7	2.9	52.3	35.0

### 2.3 氮水平对蔬菜硝酸盐累积能力的影响

随供氮水平提高, 蔬菜硝酸盐的累积与生长量的增加并不同步<sup>[4]</sup>, 所以硝酸盐含量的变化量并不能反映蔬菜累积硝酸盐能力的真实变化情况. 一定供氮水平范围内, 随施氮量增加, 蔬菜的硝酸盐累积能力可以用单株累积硝酸盐总量的增量与生长量的

增量之比来表示(表4). 4种蔬菜的硝酸盐累积能力均随营养液中氮浓度的增加而成倍增大, 油白菜分别比前一个浓度范围下增大29.5和2.3倍, 大青菜为32.1和2.3倍, 宁夏圆叶菠菜为3.0倍, 日本超能菠菜为11.3和99.0倍.

表4 不同氮浓度范围内蔬菜的硝酸盐累积能力(mg/g)

Tab. 4 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N accumulation ability of vegetables at different nitrogen content ranges (mg/kg)

C(氮 nitrogen) /(mmol·L <sup>-1</sup> )	油白菜 cabbage	大青菜 garden sass	宁夏圆叶菠菜 Ningxia spinach	日本超能菠菜 Japanese spinach
0~6	53.4	46.7	未检出	14.9
6~12	1 629.1	1 543.3	933.6	183.9
12~18	5 432.8	5 021.8	3 731.6	18 389.4

4种蔬菜间累积能力的大小顺序又因氮浓度而异, 氮浓度为0~6 mmol/L时, 累积能力是油白菜>大青菜>日本超能菠菜>宁夏圆叶菠菜, 氮浓度为6~12 mmol/L时, 是油白菜>大青菜>宁夏圆叶菠菜>日本超能菠菜, 氮浓度为12~18 mmol/L时, 则是日本超能菠菜>油白菜>大青菜>宁夏圆叶菠菜.

## 3 讨论

油白菜和大青菜同属十字花科, 在累积硝酸盐的数量和分布以及随氮水平的变化规律等方面更具有相似性, 而与属藜科的菠菜差异较大. 两个菠菜品种间的差异也比较明显, 尤其在硝酸盐的累积能力方面. 由前面分析已知, 当营养液中氮浓度达12 mmol/L后继续增大氮浓度, 日本超能菠菜的生长量

变化最小, 此时茎叶生长速度很慢或趋于停止, 根据Steingrover等的研究结果, 菠菜老叶更易累积硝酸盐<sup>[5]</sup>, 因此生长量速度变慢和氮素供应充足可能是其硝酸盐累积能力增加很快的主要原因. Margaretha等的研究表明, 品种间硝酸盐含量差异并不完全由硝酸还原酶的活性大小决定<sup>[6]</sup>, Olday等还指出, 在高氮条件下, 皱叶型菠菜比光滑叶型菠菜更易累积硝酸盐<sup>[7]</sup>. 因此蔬菜累积硝酸盐的情况首先与蔬菜种类和品种有关, 还与供氮水平的高低有关. 蔬菜硝酸盐分布种类和品种间的差异同样是由遗传特性决定的, 难以改变, 氮水平对其影响主要通过影响其生长和代谢的结果. 正是如此, 才使得4种蔬菜在不同氮水平下的生长量和硝酸盐累积及其分布既有差异, 又有共同之处.

研究表明, 4 种叶菜类在多数情况下以叶柄的硝酸盐含量最高, 与有关的报道结果相一致<sup>[4]</sup>。本研究中把根系分为主根和侧根分别进行分析, 结果表明, 尽管根系是植株体硝酸盐累积的主要器官, 但主根才是主要的累积部位。这一规律与两器官的生理功能有关: 侧根主要为吸收器官, 其生理活性强, 硝酸还原酶活性高, 吸收的硝态氮除快速运输到主根外, 剩余部分能以较快的速度被还原, 硝态氮累积量小; 主根主要起运输作用, 向上转运侧根所吸收的矿物质和水分等, 其中包括大量的硝态氮, 其自身还原能力较小, 因而累积量相对较多。

#### 参考文献:

- [ 1 ] 陈振德, 程炳嵩. 蔬菜中的硝酸盐及其与人体健康[ J ]. 中国蔬菜, 1988 ( 1 ): 40 ~ 42
- [ 2 ] 郑光华. 蔬菜无土栽培与绿色食品生产[ J ]. 中国蔬菜, 1996(4): 1 ~ 3
- [ 3 ] 沈明珠, 翟宝杰, 车蕙茹. 蔬菜硝酸盐累积的研究 I . 不同蔬菜硝酸盐、亚硝酸盐含量评价[ J ]. 园艺学报, 1982, 9(4): 41 ~ 48
- [ 4 ] 王朝辉, 李生秀, 田霄鸿. 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
- [ 5 ] STEINGROVER E, WOLDENDORP J, SIJTSMA L. Nitrate accumulation and its relation to leaf elongation in spinach leaves[ J ]. Journal of Experimental Botany, 1986 37( 181 ): 1 093 ~ 1 102
- [ 6 ] MARGARETHA B Z. Nitrate concentration and reduction in different genotypes of lettuce[ J ]. J Amer Soc Hort Sci, 1986, 111(6): 908 ~ 911
- [ 7 ] OLDAY F C, BARKER A V, MAYNARD D N. A physiological basis for different patterns of nitrate accumulation in two spinach cultivars[ J ]. J Amer Soc Hort Sci, 1976, 101(3): 217 ~ 219

## Influence of Nitrogen Rates on Nitrate Accumulation and Distribution in Vegetables

AI Shao-ying<sup>1</sup>, TANG Shuan-hu<sup>1</sup>, LI Sheng-xiu<sup>2</sup>, SHI Chong-ying<sup>2</sup>

( 1 Soil and Fertilizer Institute, Guangdong AAS, Guangzhou 510640, China;

2 Department of Resource and Environment Science, Northwestem AU, Shaanxi Yangling 712100, China)

**Abstract:** In this paper, the influence of nitrogen rates on nitrate accumulation and distribution in four vegetables was studied through pot experiment. The results showed that nitrate concentrations in cabbage and garden sass are apparently higher than that of two kinds of spinach. Petiole is an organ in which nitrate concentration is the highest and accumulated nitrate of plant is mainly distributed for cabbage, garden sass and Ningxia spinach. Lateral root, blade and petiole are separately the organ in which nitrate concentration is the highest and accumulated nitrate of plant is mainly distributed under the low, medium and high nitrogen levels for Japanese spinach. With the increase of nitrogen rate, nitrate concentrations of different organs all significantly increase for four kinds of vegetable. The distribution percent of accumulated nitrate increase in blade and trend to decrease in main root and lateral root for cabbage, garden sass and Ningxia spinach as nitrogen rate increased, but this percent gradually decrease in main root and stem for Japanese spinach.

**Key words:** nitrogen rates; vegetable; nitrate accumulation and distribution

【责任编辑 李 玲】