

# 模拟秋冬保护地条件下不同基因型菠菜 氮素利用及硝酸盐累积特点研究

张宏彦<sup>1</sup>, 陈清<sup>1</sup>, 尤努斯<sup>2</sup>, 汤丽玲<sup>1</sup>, 李晓林<sup>1</sup>

(1. 中国农业大学植物营养开放实验室, 北京 100094; 2. 新疆师范大学生物学院, 新疆 乌鲁木齐)

**摘要:** 模拟秋冬保护地栽培条件下, 利用盆栽试验研究了 6 个不同基因型菠菜品种 (波杂 10、波杂 15、波杂 18、波杂冠能、元菠和尖抗) 在不同氮素供应水平 (0.5、10、20、30 mg N · kg<sup>-1</sup> 土) 下氮素利用及硝酸盐累积特点。结果表明, 不同基因型品种间产量、全氮含量、吸氮量、硝酸盐含量及硝态氮占植株全氮比例等均存在很大的差异, 且这些差异因氮素供应水平的变化而有所不同, 表现为品种间上述指标的平均变异程度 (CV, %) 随氮素供应水平的增加而明显减小, 其中品种间硝酸盐含量 CV 变化幅度最大, 由不施氮时的 62% 锐减为施氮 30 mg N · kg<sup>-1</sup> 土时的 14%。本试验条件下, 若仅以硝酸盐含量作评价, 元菠为硝酸盐累积程度最低的品种, 但若以产量、硝酸盐累积二指标综合评价, 则波杂 15 应为 6 品种中最适宜秋冬季生产的品种。6 个供试品种硝酸盐含量及硝态氮占全氮的比例均随氮供应水平的增加而显著增加。实际生产中选择降低菠菜硝酸盐措施时应将降低氮肥用量及选择低硝酸盐累积的品种同时加以考虑, 二者不可偏废。

**关键词:** 菠菜; 基因型; 氮素利用; 硝酸盐

中图分类号: S131.2 文献标识码: A 文章编号: 1000 - 0267(2002)03 - 027 - 04

## N utilization and Nitrate Accumulation Characteristics of Different Spinach Genotypes under Simulative Autumn and Winter Seasons under Protected Field Conditions

ZHANG Hong-yan<sup>1</sup>, CHEN Qing<sup>1</sup>, YU nu-s<sup>2</sup>, TANG Li-ling<sup>1</sup>, LI Xiao-lin<sup>1</sup>

(1. Lab of Plant Nutrition, China Agricultural University, Beijing 100094, P. R. China; 2. Biology Academy, Xinjing Teacher - Training University, Urumchi, P. R. China)

**Abstract:** Under simulative autumn and winter protect field conditions, a pot experiment was carried out to study the effects of N supply on yields, N utilization and nitrate accumulation characteristics of 6 spinach genotypes (Boza18, Boza15, Boza 10, Yuan bo, Boza Guan neng, and Jian kang). The results showed that there were significant differences among different genotypes on yields, total N concentration, aboveground N uptake, nitrate concentration and the percentage of nitrate - N to total N in plant. The differences among different genotypes were influenced by N supply levels. And the correlation variation CV (%) of the index among 6 genotypes decreased with the increase of N supply. CV of nitrate concentration decreased much more sharply with N supply than other index, from 62% in CK to 14% in 30mg N. kg<sup>-1</sup> in soil. Based on the experiment, Yuan Bo was the lowest nitrate accumulated genotype if we just took into account nitrate concentration. However, when we take into account both yield and nitrate accumulation, Boza 15 is the best genotype that may be attractive for production under protected field in winter - autumn seasons. With the increase of N supply levels, the nitrate concentration and the percentage of nitrate - N to total N increased significantly in all genotypes. Both genotype and N supply levels should be taken into account carefully in vegetable production to reduce nitrate concentration in vegetable.

**Keywords:** spinach; genotypes; N utilization; nitrate

因蔬菜硝酸盐含量过高而对人体健康造成的危

害长期以来受到广泛关注。硝酸盐的累积受到众多内外源因子的共同作用, 而氮肥用量及蔬菜品种是其中两个最为重要的因素。蔬菜硝酸盐含量与施氮之间的密切关系已经为众多的研究工作所揭示<sup>[1-3]</sup>, 而不同品种及同一品种不同基因型间硝酸盐含量的差异亦

收稿日期: 2001 - 08 - 08

基金项目: 北京市自然科学基金项目(6991004); 国家重点基础研究规划项目(G1999011807)

作者简介: 张宏彦(1972—), 男, 陕西合阳人, 中国农业大学在职博士生, 讲师, 研究方向为蔬菜营养与水肥管理。

很早便为人们所认识<sup>[4-7]</sup>。大量的研究发现, 不同基因型间硝酸盐累积的能力与氮素利用状况及硝酸盐的吸收、运输及同化过程有密切关系, 这些差异受累加基因的控制<sup>[7]</sup>, 同时受到外界环境条件的深刻影响。然而, 对于像菠菜这样易累积硝酸盐的蔬菜, 其不同基因型品种间硝酸盐累积及氮素利用状况差异如何受到诸如氮素供应水平这样的外部环境因素的影响, 研究报道的并不很多。而生产中降低蔬菜硝酸盐含量的合理措施的制定却要求对这两个因素之间的关系有非常仔细的了解。另外, 由于我国北方地区秋冬季蔬菜的生产大多在无加热条件的大棚中进行, 蔬菜生长期气温相对较低, 而黄建国等人通过研究发现<sup>[8]</sup>, 低温条件下蔬菜的硝酸盐含量往往比正常条件下的要高出数倍, 问题更加突出。因此研究这一特殊条件下蔬菜硝酸盐累积的特点, 找到合理控制硝酸盐的措施, 具有十分现实的意义。

本研究是在盆栽条件下, 利用玻璃温室模拟秋冬大棚生产中较低的温度状况, 在不同的氮素供应条件下, 研究选自北京地区近年来生产上常用的6个菠菜品种在生长、氮素吸收以及硝酸盐累积等方面的差异以及造成差异的可能原因, 探讨氮素、品种二因素在影响菠菜产量、氮吸收及硝酸盐累积方面的互相关系, 旨在揭示在这一特殊条件下影响硝酸盐累积的主要因素, 服务于我国蔬菜生产。

## 1 材料与方法

盆栽试验在中国农业大学植物营养系温室进

行。盆钵为瓦氏盆, 每盆装土9 kg。土壤为潮土, 质地中壤, 养分状况为有机质1.17%, 全氮0.117%, 速效磷(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)51.7 mg·kg<sup>-1</sup>, 速效钾(K<sub>2</sub>O)159.4 mg·kg<sup>-1</sup>, pH6.2(水土比1:1)。于1999年10月13日播种, 11月12日两片真叶时定苗, 定植密度为5株·盆<sup>-1</sup>。共选择6个不同基因型菠菜品种, 分别为菠杂10、菠杂15、菠杂18、菠杂冠能、尖抗和元菠。前3个品种来源于北京市农林科学院, 后3个品种购自北京市农资市场。菠杂10、菠杂15及尖抗为有刺型品种, 其它均为无刺型品种。每一品种又设置5个不同的氮素水平, 分别施氮0、5、10、20及30 mg·kg<sup>-1</sup>土。氮肥品种为尿素, 平均分3次施用, 施肥日期分别为10月13日(播前), 11月15日(2真叶期)及12月2日(6真叶期), 尿素溶解于水中施入。试验期间白天温度保持在15℃—20℃之间, 晚上温度保持在3℃—5℃度之间, 为此, 在11月10日前, 试验在网室中进行, 之后移入未加热玻璃温室, 于12月初夜间玻璃室内气温低于3℃度时, 又将盆钵移入有简易加热设备玻璃温室以维持菠菜生长至收获。于12月30日最后收获, 对施氮量水平为0、10、30 mg N·kg<sup>-1</sup>处理的不同品种地上部整株硝酸盐含量及所有氮水平下植株产量、全氮含量进行测定。全氮测定方法为H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>—(水杨酸)—H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 消煮, 0.01 mol·L<sup>-1</sup> HCl 滴定。硝酸盐含量采用进口自德国的时域反射仪测定。测定前使用标准溶液对仪器进行了校正。数据应用SAS软件进行统计。

表1 不同菠菜品种地上部产量(g·盆<sup>-1</sup>)

Table 1 Aboveground yield of spinach of different genotypes (g·pot<sup>-1</sup>)

| 项目   | 基因型  | 施氮水平/mg N·kg <sup>-1</sup> 土 |         |         |         |         |        |
|------|------|------------------------------|---------|---------|---------|---------|--------|
|      |      | 0                            | 5       | 10      | 20      | 30      |        |
| 干重   | 菠杂10 | 0.97 c                       | 1.40 c  | 2.02 b  | 2.04 c  | 2.54 b  |        |
|      | 菠杂15 | 1.41 b                       | 1.97 ab | 3.07 ab | 2.27 bc | 2.67 b  |        |
|      | 菠杂18 | 1.83 a                       | 2.37 a  | 2.63 b  | 2.25 bc | 2.35 b  |        |
|      | 元菠   | 1.35 b                       | 1.97 ab | 2.84 ab | 2.09 c  | 2.54 b  |        |
|      | 菠杂冠能 | 1.66 ab                      | 2.05 ab | 3.14 ab | 2.87 a  | 3.45 a  |        |
|      | 尖抗   | 1.64 ab                      | 1.64 bc | 3.22 a  | 2.64 ab | 2.74 b  |        |
|      | CV/% | 20.6                         | 17.8    | 15.9    | 13.9    | 14.2    |        |
|      | 鲜重   | 菠杂10                         | 10.2 c  | 13.6 c  | 19.1 b  | 20.2 c  | 23.9 b |
|      |      | 菠杂15                         | 13.4 b  | 17.3 ab | 30.5 ab | 22.7 bc | 25.4 b |
|      |      | 菠杂18                         | 18.9 a  | 23.6 a  | 26.8 b  | 23.0 bc | 21.9 b |
| 元菠   |      | 14.0 b                       | 18.6 ab | 29.9 ab | 20.9 c  | 25.7 b  |        |
| 菠杂冠能 |      | 15.7 ab                      | 19.6 ab | 31.7 ab | 29.4 a  | 34.1 a  |        |
| 尖抗   |      | 15.9 ab                      | 15.5 bc | 33.1 a  | 26.5 ab | 27.7 b  |        |
| CV/% |      | 19.9                         | 19.3    | 17.8    | 14.8    | 15.9    |        |

注: 同一列中不同的字母表示不同基因型品种间有显著性差异( $P < 0.05$ ), 下表同。

## 2 结果与分析

### 2.1 产量

由表 1 可知, 6 种供试菠菜的产量对不同的氮素水平反应不一, 达到最大产量的施氮水平因品种不同而有较大差异。其中菠杂 10 在施氮水平由 0 增至 30 mg N · kg<sup>-1</sup> 土范围内, 随施氮量的增加产量持续增加; 而其它 5 个品种于施氮水平为 10 mg N · kg<sup>-1</sup> 土时, 均达最高产量水平; 氮水平高于 10 mg N · kg<sup>-1</sup> 土时, 产量或有所下降或增加不明显 (氮水平间显著性结果未列)。在相同的施氮水平下, 不同基因型品种间无论是鲜物质产量还是干物质产量均存在显著性差异, 但品种之间产量 (干重) 平均变异程度 (CV, %) 随氮水平增加而明显降低 (表 1)。如在不施氮条件下, 各品种产量大小顺序依次为菠杂 18、菠杂冠能、尖抗 > 菠杂 15、元菠 > 菠杂 10, CV 为 20.6%; 在大多数品种产量达最高水平的施氮处理 (10 mg N · kg<sup>-1</sup> 土) 中, 品种间产量大小顺序变为菠杂冠能、尖抗、元菠、菠杂 15 > 菠杂 18 > 菠杂 10, 此时种间 CV 为 15.9%; 而在氮水平最高的处理 (30 mg N · kg<sup>-1</sup> 土) 中, 种间 CV 降为 14.2%, 此时除菠杂冠能外, 各基因型品种间产量均无显著差异。

### 2.2 地上部全氮含量及吸氮量

全氮含量: 全氮含量受施氮量及品种影响均较明显 (表 2)。与对照相比, 氮水平 5 mg N · kg<sup>-1</sup> 土时, 各品种地上部全氮含量均有不同程度的降低, 其中菠杂 10、菠杂 15 及尖抗三品种的降低幅度达到显著性水平 (氮水平间显著性检验结果未列)。这可能是由于少量供氮刺激了菠菜的生长 (参见表 1), 因稀释效应而造成全氮含量的下降。继续增加氮水平 (10 mg N · kg<sup>-1</sup> 土) 时, 全氮含量均较对照有明显的增加, 其中菠杂 15 于施氮 20 mg N · kg<sup>-1</sup> 土时, 全氮含量达各氮水平间最高值, 而其它 5 品种均于氮水平 10 mg N · kg<sup>-1</sup> 土时达各自品种不同氮水平中最高值, 此后继续增加施氮水平全氮含量无明显增加。对不同品种而言, 施氮水平不同时, 其全氮含量亦有差别。种间 CV 随氮水平增加而急剧下降, 由不施氮时的 15.6% 锐减为施氮 30 mg N · kg<sup>-1</sup> 土时的 1.9% (表 2)。由表 2 还可知, 在不施氮处理中, 各品种全氮含量大小顺序依次为菠杂 10、菠杂 15, 菠杂 18 > 元菠, 尖抗 > 菠杂冠能; 在施氮水平为 10 mg N · kg<sup>-1</sup> 土时, 除菠杂 15 外, 各品种间差异不显著; 而在氮水平为 30 mg N · kg<sup>-1</sup> 土时, 所有供试品种间差异均不显著。

表 2 不同菠菜品种地上部全氮含量 (%)

Table 2 Total N concentration in spinach aboveground of different genotypes (%)

| 基因型       | 施氮水平 / mg N · kg <sup>-1</sup> 土 |         |        |          |        |
|-----------|----------------------------------|---------|--------|----------|--------|
|           | 0                                | 5       | 10     | 20       | 30     |
| 菠杂 10     | 3.73 a                           | 3.11 ab | 4.44 a | 4.18 c   | 4.32 a |
| 菠杂 15     | 3.60 a                           | 2.83 bc | 4.13 b | 4.38 ab  | 4.24 a |
| 菠杂 18     | 3.67 a                           | 3.39 a  | 4.49 a | 4.41 ab  | 4.35 a |
| 元菠        | 2.91 b                           | 2.71 c  | 4.44 a | 4.32 abc | 4.38 a |
| 菠杂冠能      | 2.49 c                           | 2.54 c  | 4.41 a | 4.27 bc  | 4.35 a |
| 尖抗        | 3.02 b                           | 2.60 c  | 4.62 a | 4.45 a   | 4.49 a |
| C. V. (%) | 15.6                             | 11.4    | 3.6    | 2.3      | 1.9    |

吸氮量: 各品种地上部吸氮量随氮水平变化的趋势 (表 3) 与干物质累积量变化的趋势 (参见表 1) 类似。最大吸氮量时的施氮水平除菠杂 10 为 30 mg N · kg<sup>-1</sup> 土外, 其它品种均为 10 mg N · kg<sup>-1</sup> 土 (氮素处理间显著性结果未列出)。不同氮水平下, 各品种吸氮量平均变异亦有所不同, 亦表现为随氮供应水平增加而减小, 但减小的幅度较全氮含量相对要小。由表 3 还可看出, 在低氮水平时, 不同品种间存在较显著的差异, 而在高氮水平 (30 mg N · kg<sup>-1</sup> 土) 时, 除菠杂冠能外的其它品种间均无显著差异。

表 3 不同菠菜品种地上部氮吸收量 (mg N · plant<sup>-1</sup>)

Table 3 N uptake by spinach aboveground of different genotypes (mg N · plant<sup>-1</sup>)

| 基因型       | 施氮水平 / mg N · kg <sup>-1</sup> 土 |         |         |         |        |
|-----------|----------------------------------|---------|---------|---------|--------|
|           | 0                                | 5       | 10      | 20      | 30     |
| 菠杂 10     | 7.2 c                            | 8.7 c   | 17.9 c  | 17.0 b  | 21.9 b |
| 菠杂 15     | 10.2 b                           | 11.1 b  | 25.3 ab | 19.9 ab | 22.7 b |
| 菠杂 18     | 13.5 a                           | 16.1 a  | 23.6 b  | 19.9 ab | 20.4 b |
| 元菠        | 7.9 bc                           | 10.6 bc | 25.2 ab | 18.0 b  | 22.3 b |
| 菠杂冠能      | 8.3 bc                           | 10.4 bc | 27.8 ab | 24.5 a  | 30.0 a |
| 尖抗        | 9.9 b                            | 8.6 c   | 29.7 a  | 23.4 a  | 24.6 b |
| C. V. (%) | 24.0                             | 25.0    | 16.3    | 14.4    | 14.4   |

### 2.3 硝酸盐含量

根据产量结果, 在不施氮处理、最大产量施氮量处理 (10 mg N · kg<sup>-1</sup> 土) 及最大施氮量处理 (30 mg N · kg<sup>-1</sup> 土) 中, 测定了不同品种硝酸盐含量, 结果列于表 4。由表 4 可知, 各品种硝酸盐含量在 3 种施氮水平下均存在显著性差异, 且同一品种内硝酸盐含量随施氮水平增加而显著增加 (显著性检验结果未列)。施氮水平不同, 不同基因型品种间硝酸盐含量差异程度 (CV, %) 亦不同。总体表现为随氮水平提高而减小。在不施氮时, 6 品种间 CV 为 62%, 大小顺序为菠杂 15、菠杂 18 > 菠杂 10、尖抗、冠能 > 元菠; 而在氮水平

10 mg N · kg<sup>-1</sup> 土时, CV 为 45%, 种间大小顺序为菠菜 18 > 菠菜 10、尖抗、菠菜冠能 > 元菠、菠菜 10; 在最高量施氮水平(30 mg N · kg<sup>-1</sup> 土)时, 种间 CV 仅为 14%, 此时硝酸盐含量的大小顺序为尖抗、菠菜冠能 > 菠菜 10、菠菜 15、菠菜 18 > 元菠。

不同施氮水平下, 品种间硝酸盐含量差异与硝酸盐在菠菜体内的同化能力有密切的关系。通过对同一施氮水平下产量、吸氮量均无显著差异的品种间硝酸盐含量差异进行分析(结合表 1、2、3 所列结果)可知, 在施氮水平 10 mg N · kg<sup>-1</sup> 土时, 元菠、菠菜 15 二品种分别与菠菜 18、菠菜冠能及尖抗相比, 产量、吸氮量均无显著差别, 但硝酸盐含量却存在显著差异。初步推断元菠与菠菜 15 二品种硝酸盐同化的能力要强于菠菜 18、菠菜冠能以及尖抗三品种。此外, 菠菜冠能与菠菜 18 二品种间亦存在同样关系(菠菜冠能硝酸盐同化能力强于菠菜 18)。在施氮水平 30 mg N · kg<sup>-1</sup> 土时, 进行与上类似的比较可发现, 不同品种间硝酸盐同化能力差异表现为元菠强于菠菜 10、菠菜 15 及菠菜 18, 而菠菜 10、菠菜 15 及菠菜 18 三品种又分别高于尖抗。很显然, 品种间硝酸盐同化能力差异

表 4 不同品种菠菜硝酸盐含量(NO<sub>3</sub><sup>-</sup> mg · kg<sup>-1</sup>, 12 叶期)

Table 4 Nitrate concentration in spinach of different genotype (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> mg · kg<sup>-1</sup>, at 12 leaf - stage)

| 基因型   | 施氮水平/mg N · kg <sup>-1</sup> 土 |         |          |
|-------|--------------------------------|---------|----------|
|       | 0                              | 10      | 30       |
| 菠菜 10 | 84 b                           | 2 481 b | 4 107 b  |
| 菠菜 15 | 160 a                          | 1 276 c | 4 189 b  |
| 菠菜 18 | 185 a                          | 3 640 a | 4 128 b  |
| 元菠    | 25 c                           | 915 c   | 2 989 c  |
| 菠菜冠能  | 50 bc                          | 2 379 b | 4 372 ab |
| 尖抗    | 94 b                           | 2 298 b | 4 697 a  |
| CV/%  | 62                             | 45      | 14       |

同样受到氮素供应水平的影响。

若仅考虑硝酸盐含量这一指标, 则在各施氮处理中元菠均为硝酸盐累积程度最低的品种, 而菠菜 18 及尖抗则分别为不同施氮水平下硝酸盐累积程度最高的品种; 但若同时考虑产量水平(参见表 1)与硝酸盐含量二指标, 则获最高产量水平时硝酸盐累积量最低的品种应为菠菜 15, 其在氮水平 10 mg N · kg<sup>-1</sup> 土时, 产量达各品种中的最大, 同时也达该品种在所有氮素处理中的最高水平。因此本试验条件下, 菠菜 15 应为最佳的品种。

#### 2.4 硝态氮比例

由试验结果可知(表 5), 品种相同时, 随施氮水

表 5 不同品种菠菜硝酸盐占全氮比例(% , 12 叶期)

Table 5 Percentage of nitrate - N to total N in spinach of different genotypes (% , at 12 leaf - stage)

| 基因型   | 施氮水平/mg N · kg <sup>-1</sup> 土 |         |          |
|-------|--------------------------------|---------|----------|
|       | 0                              | 10      | 30       |
| 菠菜 10 | 0.53 cd                        | 11.98 b | 20.25 b  |
| 菠菜 15 | 0.95 ab                        | 6.94 c  | 21.12 ab |
| 菠菜 18 | 0.17 a                         | 18.57 a | 20.00 b  |
| 元菠    | 0.21 d                         | 4.87 c  | 15.66 c  |
| 菠菜冠能  | 0.48 cd                        | 12.18 b | 22.42 ab |
| 尖抗    | 0.68 bc                        | 11.56 b | 23.87 a  |
| CV/%  | 51                             | 43      | 14       |

平增加, 地上部植株硝态氮占总氮的比例显著增加(统计结果未列出)。而氮水平相同时, 各品种间硝态氮比例亦表现显著差异, 且种间 CV 随氮水平增加而缩小。不施氮时, 6 品种中硝态氮占全氮比例最小的为元菠, 其次为菠菜冠能、尖抗及菠菜 10, 比例最高的为菠菜 18 及菠菜 15。此时因氮供应水平较低, 植株的全氮含量亦低, 处于氮素相对缺乏状态, 自根系吸收的氮量也相应较少, 所吸收的硝态氮很快被同化, 因此硝态氮占全氮的比例较低, 大部分品种不超过 1%, 但种间 CV 却很大, 达 51%, 为三个氮水平中最高值; 在氮水平为 10 mg N · kg<sup>-1</sup> 土时, 各品种硝态氮占全氮比例比相应品种不施氮条件下均有显著增加(显著性检验结果未列), 此时因大部分品种产量、全氮含量及吸氮量已达最高水平(元菠除外, 参见表 1、表 2 表 3), 故吸收的硝态氮继续同化的能力受到一定限制, 在体内大量累积, 硝态氮平均占到全氮的 11%, 但种间仍有很大的差异, CV 达 43%; 当施氮水平增至 30 mg N · kg<sup>-1</sup> 土时, 各品种硝态氮占全氮的比例比施氮水平 10 mg N · kg<sup>-1</sup> 土的处理又均显著增加, 品种间硝态氮占全氮比例平均达 20%, 比例大小顺序依次为尖抗、菠菜冠能、菠菜 15 > 菠菜 10 号、菠菜 18 > 元菠, 但种间 CV 仅为 14%, 较前二个氮水平显著降低。

### 3 讨论

不同基因型品种间蔬菜硝酸盐含量、全氮含量、产量等方面的差异受到很多不确定因素的影响。由于在同一条件下不同基因型品种菠菜在产量、含氮量、吸氮量等方面存在差异而使得实际上往往不能对品种间硝酸盐累积状况进行严格比较, 以致于通过测定诸如硝酸还原酶这样的生理指标来判别不同品种蔬菜硝酸盐累积能力大小的方法受到很大的质疑<sup>[9]</sup>。在

本试验中, 尽管不同品种间上述几个指标均存在很大差异, 但通过对那些在同一施氮水平下产量及吸氮量两个指标均无差异的品种间硝酸盐含量及硝态氮占全氮比例的差异进行分析, 仍能够在一定程度上反映品种间硝酸盐同化方面的不同。如试验得到的像元菠这样叶片比较平滑的品种硝酸盐累积能力较低的结果与很多国内外研究者得到的结论相似<sup>[5]</sup>。

然而试验结果所揭示的品种之间含氮量、吸氮量、硝酸盐吸收、同化方面的差异随施氮水平变化而变化的特点启示我们, 在考虑品种间氮素利用、硝酸盐累积等方面的差异时, 必须将氮素供应水平等外界环境条件的影响加以充分考虑。如由不同品种间硝酸盐含量及硝态氮比例 CV 随氮水平增加而减小这一结果可推断, 在进行品种间硝酸盐累积、吸收等方面的比较以选择低硝酸盐累积品种时, 应首先确定合理的氮素供应水平, 以避免低氮供应时由于测定精度带来的误差以及高施氮水平时由于品种间硝酸盐含量差异较小而产生的假像。这一结果同时说明, 在高施氮量的条件下, 试图通过品种选择来降低硝酸盐含量的途径似乎并不可靠。进一步考虑目前蔬菜生产上氮肥实际用量往往达到很高的水平, 大大超过蔬菜的需要量, 因此实际生产中应将降低氮素用量及选择低硝酸盐累积的品种同时加以考虑, 二者不可有所偏废。

尽管本试验由于考虑到低温的条件下菠菜对氮素的吸收等有限而设计施氮水平并不很高, 菠菜体内仍然能够累积高达  $4\ 000\ \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  (鲜重) 的硝酸盐,

大大超出正常生产条件下的水平<sup>[7,8]</sup>。在硝酸盐的吸收、同化两方面的因素中, 同化过程受到影响视为主要因素。因此, 生产中氮素同化过程的调节应该作为主要的措施。这与因认为冬季大棚生产中低温影响吸收而大量增加氮肥投入的观点有所出入。因此, 开展进一步的研究仍十分必要。

#### 参考文献:

- [1] Jarvan - M, et al. Nitrate content in vegetables in relation to fertilizer application[J]. *Agraarteadus*, 1995, 6: 3, 257 - 277.
- [2] 周艺敏, 任顺荣. 氮素化肥对蔬菜硝酸盐积累的影响[J]. 华北农学报, 1989, 4(1): 110 - 115.
- [3] 任祖淦, 邱孝焯, 菜元呈, 等. 化学氮肥对蔬菜硝酸盐污染影响的研究[J]. 中国环境科学, 1997, 17(4): 326 - 329.
- [4] Cantliffe D J. Nitrate accumulation in vegetable crops as affected by photo - period and light duration[J]. *J Amer Soc Hort Sci*, 1972, 7(8): 414 - 418.
- [5] Donald N Maynard and Allen V Barker. Nitrate accumulation in spinach as influenced by leaf type[J]. *J Amer Soc Hort Sci*, 1974, 99(2): 135 - 138.
- [6] 林家保, 陈火英, 林观捷. 菠菜硝酸盐含量遗传的初步研究[J]. 上海农学院学报, 1995, 13(2): 98 - 102.
- [7] 沈明珠, 李俊国, 等. 中国菠菜硝酸盐累积和含量水平的研究[J]. 园艺学报, 1986, 13(4): 257 - 260.
- [8] 黄建国, 袁 铃. 重庆市蔬菜硝酸盐与亚硝酸盐含量及其与环境的关系[J]. 生态学报, 1996, 16(4): 383 - 388.
- [9] 王朝晖, 田霄鸿, 等. 蔬菜的硝态氮累积及营养调控[A]. 见: 李晓林, 等. 平衡施肥与可持续优质蔬菜生产[C]. 北京: 中国农业大学出版社, 2000. 115 - 128.