

# 液培条件下养分组成对叶菜硝酸盐及营养品质的影响

徐卫红, 王正银, 林春云

(西南农业大学资源环境学院, 重庆 北碚 400716)

**摘 要:**采用液培试验研究了养分组成对生菜和莴笋 2 种叶菜生长、硝酸盐含量及营养品质的影响,结果表明:(1)在氮肥用量相等时,增施磷肥和钼肥,降低营养液 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 与 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 比例及增施氮、钾肥,均降低了 2 种叶菜的硝酸盐含量;(2)生菜以增施磷肥和钼肥, $\text{NO}_3^- - \text{N}:\text{NH}_4^+ - \text{N} = 8:2$ 处理时,使生菜硝酸盐含量减少 19.7%,同时获得较高产量及营养品质;莴笋在营养液配方以增施磷肥和钼肥, $\text{NO}_3^- - \text{N}:\text{NH}_4^+ - \text{N} = 6:4$ (柠檬酸叶面喷施)处理最佳,使茎、叶硝酸盐含量分别降低 39.5%、17.0%,改善了营养品质,提高了产量;(3)改变氮肥形态比例,增施磷、钼肥,同时增加氮、钾用量,莴笋产量增加 36.8%,茎、叶硝酸盐含量降低 8.5%、9.8%,营养品质改善;而生菜产量降低 16.3%,且对营养品质不利。

**关键词:**液培; 养分组成; 叶菜; 硝酸盐; 营养品质

**中图分类号:**S131      **文献标识码:**A      **文章编号:**1000 - 0267(2002)04 - 0322 - 03

## Effects of Nutrient Composition on Nitrate and Nutrient Quality of Leaf Vegetables Under Solution Culture

XU Wei-hong, WANG Zheng-yin, LIN Chun-yun

(College of Resources. and Environmental. Sciences, Southwest Agricultural University, Chongqing 400716, China)

**Abstract:** Solution culture experiment was conducted to study effect of nutrient composition on contents of nitrate and nutrient quality of romaine lettuce and lettuce. The results showed that: (1) nitrate contents of 2 leaf vegetables were decreased by increasing application of phosphorus and molybdenum fertilizers, and reducing proportion between  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  and  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ , and adding potassium fertilizer at the same dosage of nitrogen fertilizer. The maximum of decrease was the adding potassium fertilizer treatment. (2) Romaine lettuce was more adaptability to high  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  ( $\text{NO}_3^- - \text{N}:\text{NH}_4^+ - \text{N} = 9:1$ ), the growth was decreased with  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  increase, because of nitrate content was decreased by 19.7% and higher yield and nutrient quality were obtained once, while an optimal nutrient direction of romaine lettuce was the  $\text{NO}_3^- - \text{N}:\text{NH}_4^+ - \text{N} = 8:2$ . The growth of lettuce was obviously enhanced by increasing  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  proportion according to contrast ( $\text{NO}_3^- - \text{N}:\text{NH}_4^+ - \text{N} = 9:1$ ), revealing that optimal nutrient direction of lettuce was  $\text{NO}_3^- - \text{N}:\text{NH}_4^+ - \text{N} = 6:4$ . (3) changing the proportion between  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  and  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  and increasing the dosage of phosphorus and molybdenum, and enhancing the dosage of nitrogen and potassium fertilizers, yield of lettuce was enhanced by 36.8%, nitrate content was reducing by 8.5%, 9.8% in stem and leaf, and improved the nutrient quality, while yield of romaine lettuce was decreased by 16.3% and the nutrient quality was not desirable. Because of impropriety between nitrogen and potassium, yields of 2 leaf vegetables were reduced by 15.9%, 24.4% in only increasing potassium fertilizer treatment.

**Keywords:** solution culture; nutrient composition; leaf vegetable; nitrate; nutrient quality

目前设施栽培蔬菜发展很快,但有关营养液中氮肥形态及量比对蔬菜硝酸盐含量、营养品质的影响研究较少<sup>[1、2]</sup>。为此,采用溶液培养方法,研究 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 与 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 比例以及与微量元素、有机酸配合对蔬菜硝酸盐含量和营养品质的影响,旨在为发展优质叶菜

筛选最佳营养液配方提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

2 种供试作物为:莴笋(*Lactica sativa*,品种为大白甲)、生菜(*Maine lecture*,品种为美国大速),其幼苗购自九龙坡含谷镇重庆蔬菜基地科技示范园。采用塑料杯(直径×高=10 cm×10 cm)进行液培试验。塑料杯

收稿日期: 2001 - 03 - 31

基金项目:重庆市科委资助项目

作者简介:徐卫红(1969—),女,重庆市人,西南农业大学资环学院讲师,从事植物营养研究。

| 表 1 试验处理方案                                      |                                                                               |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Table 1 Design of the test in the present study |                                                                               |
| 处理号                                             | 试验内容(说明)                                                                      |
| 1                                               | CK $\text{NO}_3^- - \text{N} : \text{NH}_4^+ - \text{N} = 9 : 1$              |
| 2                                               | 处理 1 + $5\text{Mo} + 2\text{P}$ (Mo 和 P 为原配方浓度的 5 倍和 2 倍)                     |
| 3                                               | 处理 2, $\text{NO}_3^- - \text{N} : \text{NH}_4^+ - \text{N} = 8 : 2$           |
| 4                                               | 处理 2, $\text{NO}_3^- - \text{N} : \text{NH}_4^+ - \text{N} = 6 : 4$           |
| 5                                               | 处理 4 + $0.1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 柠檬酸(喷) ( 喷施 3 次,每杯每次 6 mL 柠檬酸液) |
| 6                                               | 处理 4 + $0.1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 柠檬酸 (直接加)                       |
| 7                                               | 处理 3 + $\text{N150} + \text{K250}$ (以处理 3 为基础,加入总氮量为 150 mg,总钾量为 250 mg)      |
| 8                                               | 处理 2 + $\text{K250}$ (以处理 2 为基础,加入总钾量为 250 mg)                                |

上盖塑料板,杯外及塑料板上均用黑色塑光纸包裹以遮光,塑料板均匀打有 3 个孔,并放入定植杯(直径 × 高 =  $2.2 \text{ cm} \times 4.5 \text{ cm}$ )。

### 1.2 试验方法

试验在西南农大盆栽场玻璃网室内进行。营养液配方以华南农大营养液配方<sup>[4]</sup>为基础,共设 8 个处理(表 1)。于 2000 年 4 月 7 日移栽莴笋幼苗(4 叶期)3 株,4 月 8 日移栽生菜幼苗(2 叶期)3 株,在盛有营养液 300 mL 的塑料杯(直径 × 高 =  $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ )内培养。试验期间每 2 d 换一次营养液,每次每个培养杯盛营养液 300 mL,调节营养液 pH 值为 6.4,加入不同养分物质(主要为 N 形态、P、K、Mo 和有机酸)。重复 4 次。莴笋培养 34 d,生菜培养 30 d 收获。同时测定植株生物学性状、硝酸盐含量及营养品质。

### 1.3 测定方法

叶菜可食部分的硝酸盐用酚二磺酸比色法,氨基酸用水合印三酮比色法,水溶性糖用水杨酸比色法,维生素 C 用 2,6-二氯蓝靛酚滴定法,叶绿素用丙酮提取分光光度法<sup>[5,6]</sup>测定。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同营养液对叶菜生长状况的影响

营养液组成成分的变化对 2 种蔬菜生长状况的影响差异很大(表 2)。不同营养液均促进了莴笋生长,较对照株高提高 0.8%—19.7%,以增施氮、钾处理增量最大;对生菜,所有处理较对照株高降低为 4.4%—15.0%,其中以处理 6 降低量最大。处理 3、5、7 使莴笋根长、根重较对照增加 12.5%—37.5%、8.5%—17.5%;生菜根长,以处理 3 和处理 4 分别较对照降低 14.7% 和 11.8% 外,其余各处理变化不大。生菜根重,除仅处理 2 增加 1.1% 外,其余处理减少 3.7%—25%,以处理 6 降低量最大,其株高降低也最大,对生菜的生长最为不利。莴笋叶绿素含量处理 4 和处理 6 较对照分别增加 13.2% 和 10.9%,生菜除处理 6 增加 12.7% 外,其余各处理基本保持不变。这些结果表明,氮素用量相等时,适当降低硝态氮比例,可以提高莴笋叶绿素含量;对于生菜,降低硝态氮比例时,需加入柠檬酸缓解生菜氨中毒,以利于叶绿素合成和植株正常生长。

### 2.2 不同营养液对叶菜产量的影响

2 种叶菜培养结束后的生长情况见表 3。结果表明,生菜对高  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  的适应性较好,提高  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  在营养液氮素中的比例,生长量均较对照不同程度下降。处理 2 莴笋生长量较对照提高 9.9%,但使生菜下降了 19.4%。在增施磷、钼肥基础上,再增加  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  在营养液氮素比例,生长量较对照明显提高,以处理 7 提高最大。处理 3 及处理 5 的生长量分别为对照的 117.4%、126.9%。且处理 5 的生长量明显高于处理 4。可见,在高  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  供应条件下,施用有机酸来减缓蔬菜铵中毒危害,可达到明显效果。但将柠檬酸直接加的处理 6 效果不佳,使生长量减少 13.7%。只增加钾用量的处理,因植株体内氮、钾比例不平衡,莴笋、生菜生长量反而降低了 15.9%、

| 表 2 不同处理叶菜的生长状况比较                                                         |      |       |     |       |                    |       |                     |       |      |      |     |       |                    |       |                     |       |
|---------------------------------------------------------------------------|------|-------|-----|-------|--------------------|-------|---------------------|-------|------|------|-----|-------|--------------------|-------|---------------------|-------|
| Table 2 Comparison of growth of leaf vegetables with different treatments |      |       |     |       |                    |       |                     |       |      |      |     |       |                    |       |                     |       |
| 处<br>理<br>号                                                               | 莴 笋  |       |     |       |                    |       |                     |       | 生 菜  |      |     |       |                    |       |                     |       |
|                                                                           | 株高   |       | 根长  |       | 根重                 |       | 叶绿素                 |       | 株高   |      | 根长  |       | 根重                 |       | 叶绿素                 |       |
|                                                                           | /cm  | /%    | /cm | /%    | /g·杯 <sup>-1</sup> | /%    | /μg·g <sup>-1</sup> | /%    | /cm  | /%   | /cm | /%    | /g·杯 <sup>-1</sup> | /%    | /μg·g <sup>-1</sup> | /%    |
| 1                                                                         | 24.8 | 100   | 4   | 100   | 7.593              | 100   | 0.086               | 100   | 32.7 | 100  | 6.8 | 100   | 2.320              | 100   | 0.055               | 100   |
| 2                                                                         | 25.0 | 100.8 | 4.3 | 107.5 | 5.643              | 14.3  | 0.085               | 99.3  | 21.7 | 95.6 | 6.5 | 95.6  | 2.345              | 101.1 | 0.052               | 94.5  |
| 3                                                                         | 27.5 | 110.9 | 4.5 | 112.5 | 8.925              | 117.5 | 0.089               | 104.0 | 21.2 | 93.4 | 5.8 | 85.3  | 2.134              | 92.0  | 0.053               | 96.4  |
| 4                                                                         | 28.3 | 114.1 | 3.8 | 95.0  | 6.942              | 91.4  | 0.097               | 113.2 | 20.7 | 91.2 | 6.2 | 91.2  | 2.072              | 89.3  | 0.051               | 92.7  |
| 5                                                                         | 27.7 | 111.7 | 5.0 | 125.0 | 8.443              | 111.2 | 0.086               | 110.4 | 19.8 | 87.2 | 6   | 88.2  | 1.945              | 83.8  | 0.058               | 105.5 |
| 6                                                                         | 25.0 | 100.8 | 3.8 | 95.0  | 7.439              | 98.0  | 0.095               | 110.9 | 19.3 | 85.0 | 6.8 | 100   | 1.741              | 75.0  | 0.062               | 112.7 |
| 7                                                                         | 29.7 | 119.7 | 5.5 | 137.5 | 8.237              | 108.5 | 0.088               | 102.9 | 20.0 | 88.1 | 7.0 | 102.9 | 2.807              | 80.0  | 0.054               | 98.2  |
| 8                                                                         | 25.3 | 102.0 | 3.5 | 87.5  | 4.659              | 61.4  | 0.082               | 96.1  | 19.8 | 87.2 | 6.8 | 100   | 2.234              | 96.3  | 0.054               | 98.2  |

| 表 3 不同营养液对叶菜产量的影响                                                                |                                               |      |                                               |       |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------|-----------------------------------------------|-------|
| Table 3 Effects of different nutrient solutions on the yields of leaf vegetables |                                               |      |                                               |       |
| 处理号                                                                              | 生 菜                                           |      | 莴 笋                                           |       |
|                                                                                  | $\bar{x} \pm s(\text{g} \cdot \text{杯}^{-1})$ | %    | $\bar{x} \pm s(\text{g} \cdot \text{杯}^{-1})$ | %     |
| 1                                                                                | 27.094 ± 2.485a                               | 100  | 23.968 ± 2.622e                               | 100   |
| 2                                                                                | 21.844 ± 3.317bc                              | 80.6 | 26.343 ± 10.816d                              | 109.9 |
| 3                                                                                | 26.252 ± 6.396a                               | 96.9 | 28.140 ± 13.758c                              | 117.4 |
| 4                                                                                | 23.608 ± 4.199b                               | 87.1 | 23.154 ± 8.179e                               | 96.6  |
| 5                                                                                | 19.958 ± 2.241d                               | 73.7 | 30.408 ± 16.343b                              | 126.9 |
| 6                                                                                | 19.699 ± 3.353d                               | 72.7 | 20.688 ± 10.350f                              | 86.3  |
| 7                                                                                | 22.679 ± 3.308b                               | 83.7 | 32.310 ± 7.571a                               | 136.8 |
| 8                                                                                | 22.789 ± 1.790b                               | 84.1 | 18.127 ± 4.410j                               | 75.6  |

24.4%。因此,蔬菜栽培过程中盲目加大钾肥用量,以降低蔬菜硝酸盐含量,提高营养品质,反而对产量形成不利。本试验条件下,生菜和莴笋的产量与其生长状况(株高、根重、根长)有着较直接关系,即植株越高,根越长、越重,产量就越高。

2.3 不同营养液对叶菜硝酸盐含量的影响

不同营养液对 2 种叶菜硝酸盐含量的影响见表 4。增施磷、钼肥,由于促进了糖类转化、呼吸作用及各种有机酸的合成,有机酸又可作为氨的受体,合成氨基酸和蛋白质,从而促进氮代谢、降低植物体内硝酸盐含量;而钼是植物体内硝酸还原酶的组成成分<sup>[3]</sup>,因此,在本试验条件下,增施磷、钼肥,莴笋茎、叶及生菜体内硝酸盐含量分别较对照减少 14.3%、5.6%、2.8%。以在施磷、钼的基础上,增施钾肥的降低作用最大,莴笋茎和叶分别降低 29.7%和 54.6%,生菜降低 57.4%。有关植物钾素营养理论认为,钾在植物体内的作用是多方面的,其中包括促进蛋白质的合成。植物体 K<sup>+</sup>浓度达到 0.01—0.05 mol · L<sup>-1</sup>,能使氨基酸 tRNA 合成酶活化促进蛋白质的合成,提高氮的利用率。K<sup>+</sup>浓度高,这种促进作用也增强。本试验说明,介质中钾含量愈高,蔬菜中硝酸盐含量愈低。在增施磷、钼肥基础上,改变 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - N 与 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - N 比例,莴笋硝酸盐含量明显下降,茎硝酸盐含量降低 12.7% — 17.7%,叶降低 25.0% — 38.5%。加入柠檬酸使蔬菜体内硝酸盐含量下降最明显。处理 5 茎、叶硝酸盐含量为对照的 61.5%、83.0%。处理 3 茎、叶硝酸盐含量降低 25.0%、12.7%。在增施磷、钼肥基础上,改变 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - N 与 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - N 比例,也明显降低了生菜硝酸盐含量(39.7% — 42.6%),以处理 4 降低量最大,处理 3 次之。产生这种差异的最大因素是由于不同种类蔬菜对铵态氮和硝态氮吸收的偏差性以及生长量差异共同作用结果。处理 5 使生菜的硝酸盐含量提高,表

现出反常现象,其原因有待进一步研究。此外,增施磷、钼肥,虽然降低蔬菜硝酸盐明显,但其作用也明显低于增施磷、钼肥,又改变氮肥形态比例,并加入柠檬酸的综合作用对硝酸盐含量的影响。

2.4 不同营养液对叶菜营养品质的影响

对各处理叶菜可食部分水溶性糖、氨基酸及维生素

| 表 4 不同营养液对叶菜硝酸盐(NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N)含量的影响                                 |                        |      |                        |      |                        |       |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------|------------------------|------|------------------------|-------|
| Table 4 Effects of different nutrient solutions on nitrate contents of leaf vegetables |                        |      |                        |      |                        |       |
| 处理号                                                                                    | 莴笋                     |      |                        |      | 生菜                     |       |
|                                                                                        | 叶                      |      | 茎                      |      | 叶                      |       |
|                                                                                        | /mg · kg <sup>-1</sup> | /%   | /mg · kg <sup>-1</sup> | /%   | /mg · kg <sup>-1</sup> | /%    |
| 1                                                                                      | 2 345.7                | 100  | 2 978.2                | 100  | 2 221.5                | 100   |
| 2                                                                                      | 2 011.3                | 85.7 | 2 812.2                | 94.4 | 2 158.6                | 97.2  |
| 3                                                                                      | 1 759.5                | 75.0 | 2 599.5                | 87.3 | 1 339.0                | 60.3  |
| 4                                                                                      | 1 652.1                | 70.4 | 2 577.5                | 86.5 | 1 318.5                | 59.4  |
| 5                                                                                      | 1 443.2                | 61.5 | 2 472.2                | 83.0 | 2 390.2                | 107.5 |
| 6                                                                                      | 1 674.8                | 71.4 | 2 451.6                | 82.3 | 1 804.5                | 81.2  |
| 7                                                                                      | 2 116.3                | 90.2 | 2 724.0                | 91.5 | 1 740.0                | 78.3  |
| 8                                                                                      | 1 065.3                | 45.4 | 2 094.6                | 70.3 | 1 275.9                | 57.4  |

素 C 的含量测定结果表明,在增施磷、钼肥基础上,降低 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - N 在 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - N 与 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - N 营养液中配合的比例,使莴笋茎水溶性糖、氨基酸含量提高 2.3% — 30.9%、0—100.5%,叶中水溶性糖、维生素 C 含量也分别较对照增加 32.7% — 96.6%、13.5% — 110.1%。可见,调控莴笋营养液中磷、钼及 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - N 与 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - N 配合中的比例,可以获得高产、高卫生品质和营养品质的优良产品,如处理 3 及处理 5,以处理 5 增产 26.9%,降低茎、叶硝酸盐 61.5%、83.0%,为莴笋最佳营养液配方。增加 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - N 在营养液氮肥中的比例,生菜水溶性糖含量较对照提高 6.0% — 25.4%,处理 4 及处理 5 维生素 C 含量较对照提高 5.0%、8.4%。但改变 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - N 与 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - N 比例对生菜氨基酸作用不大。若考虑低硝酸盐、较高产量及营养品质,适合生菜生长的营养液氮肥形态配方为处理 3。在对照基础上,增施磷、钼肥,仅使莴笋茎中水溶性糖、氨基酸含量提高 7.0%、25.2%,使生菜维生素 C 含量提高 3.4%。表明,增施磷、钼肥,同时改变氮肥形态比例,并加入柠檬酸的综合措施也较单一提高磷、钼量有利于改善蔬菜营养品质。增施磷、钼肥,改变氮肥形态比例,同时增加氮、钾用量,使莴笋叶、茎及生菜水溶性糖、氨基酸、维生素 C 含量分别增加 46.7%、21.2%、9.5%、12.2%、20.2%、1.7%、4.3%、16.0%。在增施磷、钼肥基础上,仅增钾肥的处

(下转第 336 页)