

氮素形态及其对比对营养液培生菜生长与硝酸盐含量的影响

杨成君¹, 朴凤植²

(1. 东北林业大学林学院 哈尔滨 150040; 2. 延边大学农学院 吉林龙井 133400)

摘 要: 研究了不同氮素形态及其不同对比对营养液培生菜生长与硝酸盐含量的影响。结果表明: 不同形态的氮素及其对比可显著影响生菜生长和硝酸盐含量, 在营养液中, 添加适当比例铵态氮可使硝酸盐的含量降低。提高产量, 改善品质。比使用单一硝态氮要好。试验中 $\text{NH}_4^+-\text{N}:\text{NO}_3^--\text{N}$ 为 30:70、50:50 效果要优于其他处理。适当的 NH_4^+-N 和 NO_3^--N 比例, 有可能使 pH 值的变化减小, 有利于无土栽培蔬菜的生长发育。

关键词: 生菜; 氮素形态; 营养液培; 生长; 硝酸盐

中图分类号: S 636.204⁺.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2007)05-0005-03

蔬菜是一种易富集硝酸盐的作物。其体内硝酸盐含量常高于其他作物。研究表明, 在通常情况下人体摄取的硝酸盐有 81.2% 来自蔬菜^[1,2]。而硝酸盐被人体过多摄入后, 在胃中易还原成致癌物质亚硝胺, 严重影响人体健康^[3]。从蔬菜的生长来看, 以土壤为栽培介质时, 铵态氮肥优于硝态氮肥^[4]。而在营养液培条件下, 大多数营养液配方中多采用硝酸钙、硝酸钾等 NO_3^--N 肥料, 硝态氮源优于铵态氮源, 但前者所占比例大时, 易造成硝态氮的累积^[5]。另一方面, 由于 NO_3^--N 肥料价格昂贵, 难以运输, 货源稀少, 因此, 近年来国内外都倾向与 NH_4^+-N 与 NO_3^--N 按照一定比例配合使用^[6,7]。试验研究了不同氮素形态及其对比对营养液培生菜生长及其硝酸盐含量的影响, 为无公害蔬菜生产提供科学的理论依据。

1 材料与方法

供试蔬菜为生菜 (*Lactuca sativa* L.), 即叶用莴苣, 散叶型早熟品种, 生长速度快, 半直立, 植株开展易伸展, 耐高温, 抗病, 抗虫性好。栽培设施为自行设计的深液静止水培装置, 塑料箱: 长×宽×高=0.53m×0.38m×0.14m, 盛装营养液的容积约 20L, 箱面上放置一块具有 8 个定植孔的塑料板作定植板, 每箱定植 8 株。以草炭与珍珠岩体积比 2:1 为育苗基质, 采用 128 孔育苗穴盘育苗。3~4 片真叶时定植。选择健壮无病植株定植在装有营养液的塑料箱内, 生长过程中 4~5d 调节一次营养液的 pH 值, 温度控制在 32℃ 以下。温室内湿度控制

在 60%~70%。根据阳光的强度大小进行适时遮阳。试验设 6 个处理, 重复 3 次, 采用随机区组排列。6 个处理的营养液组成见表 1。各处理的营养液中大量元素和微量元素的浓度完全相同, 微量元素使用无土栽培通用微量元素配方。只是氮素的形态不同。用 NH_4^+-N 和 NO_3^--N 所占氮量的百分比表示, 各处理分别为: $\text{NH}_4^+-\text{N}:\text{NO}_3^--\text{N}=0:100, 30:70, 50:50, 70:30, 100:0$ 。另一处理采用酰胺态氮肥(尿素)。在生菜生长期间, 从定植开始后第 4d, 每隔 5d 测定一次株高、叶片数、最大叶面积、营养液的 pH 值。生长 35d 后进行采收, 测定其鲜重、硝酸盐含量、硝酸还原酶活性。

表 1 各处理的营养液组成						
处理浓度	$\text{NH}_4^+-\text{N}:\text{NO}_3^--\text{N}(\%)$					尿素
化合物	0:100	30:70	50:50	70:30	100:0	
硝酸钙	5	2.6	1	2	-	-
硝酸钾	6	6	6	0.8	-	-
硫酸铵	-	2.4	4	5.6	8	-
氯化钾	-	-	-	5.2	6	6
氯化钙	-	2.4	4	3	5	5
尿素	-	-	-	-	-	8
硫酸镁	2	2	2	2	2	2
磷酸二氢钾	1	1	1	1	1	1

2 结果与分析

2.1 不同氮素形态及其对比对生菜生长的影响

定植后第 4d 开始测量, 以后每 5d 测定一次生菜的叶片数、株高、最大叶面积, 取平均值, 然后分别出生长曲线图。从中可以看出: 不同的氮素形态及其对比对叶片数的影响不显著, 变化趋势是 $(\text{NH}_4^+-\text{N}:\text{NO}_3^--\text{N})$ 30:70>50:50>0:100>尿素>70:30>100:0, 见图 1。株高的变化趋势是 30:70>50:50>0:100>70:30>尿素>100:0, 见图 2。不同的氮素形态及其

第一作者简介: 杨成君(1978-), 男, 东北林业大学林学院森林植物资源专业在读博士。
收稿日期: 2006-12-20

对比对株高的影响明显, 最大叶面积的变化趋势是 30 : 70> 50 : 50> 0 : 100> 70 : 30> 尿素> 100 : 0, 变化显著, 见图 3。从以上变化趋势可以看出: 不同氮素形态及其对比对生菜生长发育有很大的影响, 硝态氮与铵态氮比例 30 : 70、50 : 50 处理的叶片数、株高、最大叶面积比

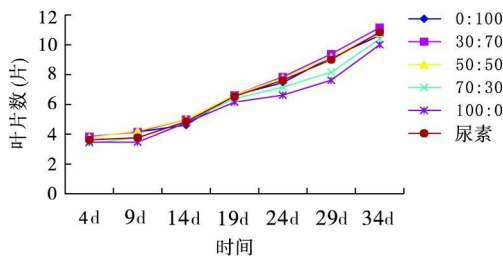


图 1 不同氮素形态及其对比对叶用莴苣叶片数的影响

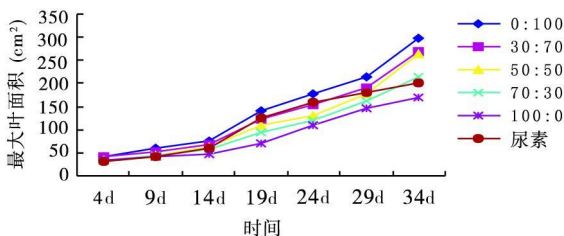


图 3 不同氮素形态及其对比对叶用莴苣最大叶面积的影响

2.2 不同氮素形态及其对比对生菜硝酸盐含量、硝酸还原酶活性(NRA)的影响

不同氮素形态对生菜硝酸盐含量影响很大, 差异显著。生菜在完全是硝态氮($\text{NH}_4^+-\text{N}:\text{NO}_3^--\text{N}=0:100$)处理下的硝酸盐含量最高, 而完全是铵态氮($\text{NH}_4^+-\text{N}:\text{NO}_3^--\text{N}=100:0$)的生菜硝酸盐含量最低, 尿素(酰胺态氮)处理下的硝酸盐含量高于完全是铵态氮的处理, 而低于其他硝态氮与铵态氮的配比下的处理。在不同硝态氮与铵态氮的配比中, 硝酸盐含量随着营养液中 NH_4^+-N 的增加, NO_3^--N 的减少而降低。表明营养液中的 NO_3^- 是造成生菜硝酸盐积累的主要原因, 介质中 NH_4^+ 离子的存在对硝酸盐的积累有明显的抑制作用。因此, 以适当的硝态氮和铵态氮比例或尿素作为氮源, 比单一用硝态氮作为氮源有利于降低无土栽培蔬菜的硝酸盐含量。

硝酸还原酶是氮素代谢过程中的关键酶, 从表 2 中看出 $\text{NH}_4^+-\text{N}:\text{NO}_3^--\text{N}$ 为 0 : 100 时硝酸还原酶活性最高, 随着 NH_4^+-N 的比例进一步的提高, 硝酸还原酶活性不断的下降, 这主要可能是因为营养液中 NH_4^+-N 比例增加, NO_3^--N 浓度随之下降, 而硝酸还原酶是一种诱导酶, 因而其活性自然就降低。尿素处理下的硝酸还原酶活性比完全是铵态氮的处理高, 但低于其他处理, 有研究表明, 尿素(酰胺态氮)是在尿酶的作用下转化为铵态

其他处理要高, 完全是铵态氮处理的叶片数、株高、最大叶面积都最小, 在生长过程中生长缓慢, 表现出铵害症状。尿素处理株高、最大叶面积要比完全是铵态氮处理稍好, 但比其他处理低, 在叶片数上各处理差异不大。

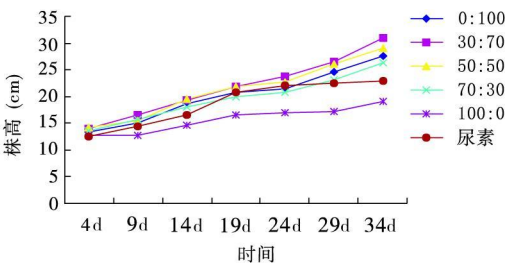


图 2 不同氮素形态及其对比对叶用莴苣株高的影响

氮后才能被植物同化利用^[8]。在试验中尿素对硝酸还原酶活性的影响还需进一步的研究。

表 2 不同氮素形态及其对比对生菜硝酸盐含量、硝酸还原酶活性(NRA)的影响

处理	NO_3^--N 含量 (mg/kg)	硝酸还原酶活性 ($\mu\text{g/g}\cdot\text{h}\cdot\text{FW}$)
0 : 100	3 722.85a	78.9
30 : 70	3 557.73a	60.5
50 : 50	2 794.49b	52.4
70 : 30	2 126.65bc	30.6
100 : 0	453.32c	10.4
尿素	1 721.18c	15.2

2.3 不同氮素形态及其对比对生菜鲜重的影响

试验结果表明: 从收获时单株上部鲜重来看, $\text{NH}_4^+-\text{N}:\text{NO}_3^--\text{N}$ 为 30 : 70 最高, 50 : 50 次之, 100 : 0 的处理最低。100 : 0 尿素处理与其他处理有极显著差异。其单株上部鲜重的顺序为: 30 : 70> 50 : 50> 0 : 100> 70 : 30> 尿素> 100 : 0, 单株下部鲜重变化趋势与单株上部变化趋势一致。见表 3。在营养液中适当的硝态氮和铵态氮比例配合要比单独使用硝态氮要好, 能够提高单株产量。但随着铵态氮的用量增加, 单株产量又下降, 试验中, 以 30 : 70、50 : 50 的 $\text{NH}_4^+-\text{N}:\text{NO}_3^--\text{N}$ 处理单株产量高, 优于其他处理。

表 3 不同氮素形态及其对比对生菜鲜重的影响

处理	上部鲜重 (g/株)	5%	1%	下部鲜重 (g/株)	5%	1%
0 : 100	58.10	a	A	7.81	a	A
30 : 70	61.12	a	A	7.98	a	A
50 : 50	60.43	a	A	7.89	a	A
70 : 30	54.95	a	A	7.68	a	A
100 : 0	25.54	b	B	3.28	b	B
尿素	32.30	b	B	4.27	b	B

2.4 生菜生长过程中营养液 pH 的变化

营养液培养条件下营养液的 pH 值会影响生菜对养分的吸收, 而养分的吸收又会引起 pH 值的变化。在生菜定植时, 营养液的 pH 值均调制 6.2, 每 5d 测定一次

pH 值。从试验的结果来看,见表 4。随着生菜对养分的吸收,各处理营养液的 pH 值发生了不同的变化。 $\text{NH}_4^+ \text{-N} : \text{NO}_3^- \text{-N}$ 为 0 : 100 处理和尿素处理的营养液 pH 值在每次调节 6.2 后均有上升。30 : 70 处理前两次调节后有所上升,之后都呈下降趋势。50 : 50 处理第一次调节后,变化不大,6.2→6.3 稍有上升。之后有下降趋势,100 : 0 处理的营养液 pH 值在每次调节至 6.2 后均有降低。以上分析可以看出,在以 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 为氮源时,营养液 pH 值便呈上升趋势,而以 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 为氮源时,pH 值会明显的降低。 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 和 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 混合使用使营养液的 pH 值都有不同程度的降低。在试验中,其中 $\text{NH}_4^+ \text{-N} : \text{NO}_3^- \text{-N}$ 为 30 : 70、50 : 50 处理的 pH 值变化幅度较小,因此,适当调整营养液中的 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 和 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 比例,有可能使 pH 值的变化减少。

表 4 生菜生长过程中营养液 pH 的变化

日期 pH 处理	9 月 13 日	18 日	23 日	28 日	10 月 3 日	8 日	13 日
0 : 100	6.2→6.7	6.2→6.6	6.2→6.5	6.2→6.6	6.2→6.7	6.2→6.7	6.2→6.5
30 : 70	6.2→6.6	6.2→6.3	6.2→5.8	6.2→5.7	6.2→5.6	6.2→5.5	6.2→5.7
50 : 50	6.2→6.3	6.2→5.9	6.2→5.8	6.2→5.9	6.2→5.5	6.2→5.7	6.2→5.8
70 : 30	6.2→6.1	6.2→5.7	6.2→5.0	6.2→5.1	6.2→4.9	6.2→5.0	6.2→4.9
100 : 0	6.2→6.1	6.2→6.00	6.2→5.2	6.2→5.0	6.2→4.5	6.2→4.0	6.2→4.2
尿素	6.2→6.8	6.2→6.6	6.2→6.2	6.2→6.6	6.2→6.9	6.2→6.8	6.2→6.7

3 讨论

在营养液栽培中,不同的氮素形态及其配比可显著降低硝酸盐含量,提高产量,改善品质。要比使用单一硝态氮要好。试验中 $\text{NH}_4^+ \text{-N} : \text{NO}_3^- \text{-N}$ 为 30 : 70、50 : 50 效果要好于其他处理。在营养液中添加适当比例铵态氮,或者使用尿素做为氮源可有效的控制硝酸盐的含量。不同氮素形态及其配比对生菜硝酸盐含量有很大的影响,关于氮素形态及硝态氮与铵态氮不同配比对蔬菜作物生长和品质的影响,已有一些报道。Santasmaria 等^[7] 采用水培的试验结果表明,提高营养液中铵硝比可降低生菜体内的硝酸盐含量。田霄鸿等^[9] 报道,随着营养液中铵硝比例的提高,莴笋和菠菜中硝酸盐累积量呈

明显降低趋势。前人的研究与该试验研究说明,可通过调节铵硝比来降低蔬菜体内硝酸盐的含量。任祖淦等^[10] 研究指出氮肥种类不同对蔬菜体内硝酸盐积累的影响也不同,施用铵态氮肥可明显降低硝酸盐的含量。由此可见,在栽培介质中保持一定量的铵态氮水平可以有有效的降低体内硝酸盐的含量。但蔬菜一般为喜硝态氮作物,铵态氮比例过高,易发生铵害。使蔬菜的生长受到严重抑制。

适当调整营养液中的 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 和 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 比例,有可能使 pH 值的变化减小。在试验中,其中 $\text{NH}_4^+ \text{-N} : \text{NO}_3^- \text{-N}$ 为 30 : 70、50 : 50 处理的 pH 值的变化幅度较小。有利于无土栽培蔬菜生长发育。

参考文献:

[1] 李海云,邢禹贤,王秀峰.蔬菜硝酸盐积累的控制措施[J].长江蔬菜 2001,04: 8-9 32
[2] 赵建平.蔬菜硝酸盐积累生理机制研究进展[J].中国农学通报 2005,01: 93-96.
[3] 陈振德,程炳嵩.蔬菜中的硝酸盐及其人体健康[J].中国蔬菜 1988 01: 40-42.
[4] 黄继茂,段昆生,林碧香,等.低硝酸盐优质高产叶菜的营养配方研究[J].土壤,1990,04: 222-225.
[5] 张春兰,高祖明,张耀栋,等.氮素形态和 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 与 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 配比对菠菜生长和品质的影响[J].南京农业大学学报 1990 03: 70-74.
[6] 吕国华,王洪礼,田丽萍,等.氮素形态及其配比与大白菜体内硝酸盐的积累[J].石河子农学院学报,1995,(2)29-32.
[7] Santamaria P, Elia A, Parente A et al. Fertilization strategies for lowering nitrate content in leafy vegetable. Chicory and rocket salad cases [J]. Plant Nutr, 1998 21(9): 1791-1803.
[8] LI J SH(李建设), GAO J P(高艳明), SUN Q(孙权). The effect of nitrogen forms on Chinese cabbage yield and nitrate accumulation [J]. China vegetables (中国蔬菜), 2000 06: 15-17(in Chinese).
[9] 田霄鸿,王朝辉,李生秀.不同氮素形态及配比对蔬菜生长和品质的影响[J].西北农业大学学报 1999 02: 6-10.
[10] 任祖淦,蔡元呈.氮肥施用与蔬菜硝酸盐污染现状的相关研究[J].生态学报,1998 18(5): 523-528.

Effect of N Forms and $\text{NH}_4^+ \text{-N} / \text{NO}_3^- \text{-N}$ Ratio on Growth and Nitrate Content of Lettuce in Hydroponics

YANG Cheng-jun¹, PIAO Feng-zhi²

(1. Forest College, Northeast Forestry University, Harbin 150040; 2. Agricultural College of Yanbian University, Longjing Jilin 133400)

Abstract: The effect of N forms and $\text{NH}_4^+ \text{-N} / \text{NO}_3^- \text{-N}$ ratio on growth and nitrate content of Lettuce in Hydroponics was studied. The results show: different N forms and $\text{NH}_4^+ \text{-N} / \text{NO}_3^- \text{-N}$ ratio can significantly affect growth and nitrate content. Suitable $\text{NH}_4^+ \text{-N} / \text{NO}_3^- \text{-N}$ ratio in nutrient solution Could reduce nitrate content in lettuce and enhance yield, improve quality, and be better than $\text{NO}_3^- \text{-N}$ used single. In the experiment, $\text{NH}_4^+ \text{-N} / \text{NO}_3^- \text{-N}$ ratio (30 : 70、50 : 50) is better than others treatments. pH was changed a little by suitable $\text{NH}_4^+ \text{-N} / \text{NO}_3^- \text{-N}$ ratio, which was beneficial to growth and development of vegetables in Hydroponics.

Key words: Lettuce; N forms; Hydroponics; Growth; Nitrate content