

不同氮素形态及配比对蔬菜生长和品质的影响

田霄鸿 王朝辉 李生秀

(西北农业大学资源与环境科学系, 陕西杨凌 712100)

摘 要 分别以纯水和自来水为生长介质对莴笋和菠菜进行水培试验, 以揭示不同氮素形态及配比对蔬菜生长和品质的影响。结果表明, 以纯水为水培水源, $\text{NO}_3^- - \text{N}$ $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 为 1 : 1 或单独供应 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$, 对作物生长均有一定程度的抑制作用, 而以后者的生长量最低。以自来水作水培介质时, 以 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 为唯一氮源预培养一段时间后, 再提高营养液中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 比例, 有利于蔬菜的生长发育及硝酸盐含量的降低, 使莴笋维生素 C 含量也有所降低, 菠菜则无明显变化。当植物生长量较大时, 尿素作水培氮源不能满足作物对氮素的需求。

关键词 水培试验, 氮素形态, 氨毒害, 硝酸盐累积, 蔬菜栽培

分类号 S158.3, Q945.12

关于氮素形态及 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 与 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 不同配比对蔬菜作物生长和品质的影响, 已有一些报道^[1~5]。现在普遍认为, 在水培条件下, 单纯供应 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 往往会抑制 K^+ 和 Ca^{2+} 的吸收, 并带来氨害, 抑制生长^[4]。单用 $\text{NO}_3^- - \text{N}$, 亦有不利之处: 在还原过程中消耗能量较多, 若在弱光条件下, $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 吸收有可能受抑制, 造成氮素供应不足^[1]; $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 被吸收后溶液 pH 值升高, 容易造成铁和其他微量元素供应不足, 叶绿素含量降低, 影响产品的商品价值^[1,3]; 可食部分硝酸盐含量较高, 而蔬菜中累积的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 因对人体健康有害^[1,6], 已被某些国际组织和国家作为重要的卫生方面的品质指标而规定了日摄入量的上限^[6~8]。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^[5,9,10]。而在水培条件下, 虽然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^[1,4], 只有当营养液中硝态氮和铵态氮为一适宜比例时($\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+ = 70 : 30$), 才既不影响蔬菜产量, 又能使叶内的硝态氮含量下降^[1,3], 继续增加营养液中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 所占比例, 则会使产量显著下降^[1,4]。那么, 能否在水培过程中尽量多用 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 做氮源, 以减少 NO_3^- 在体内的累积量, 同时又不使作物遭受氨害以致生长量显著下降, 以及 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 用量过多对蔬菜的危害程度究竟如何, 本文就此进行了研究。

1 材料与方法

1.1 以纯水为水源的水培试验

试验于 1996 年 11 月 ~ 1997 年 2 月进行, 供试作物为莴笋、菠菜、油白菜、小白菜、大青菜、大豆、小麦等 7 种。蛭石育苗, 出苗 30 d 后定植于盛有 450 mL 营养液的容器内水

培, 设 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N} + \text{NH}_4^+ - \text{N}$ ($\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+ = 1 : 1$) 和 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 3 个处理(分别由 NaNO_3 、 NH_4NO_3 和 NH_4Cl 作为供氮化合物), 重复 4 次。各处理营养元素 N 、 P 、 K 、 Ca 、 Mg 、 S 和 Cl 的浓度分别为 12, 1, 5, 4, 2, 4 和 $8 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$; Fe 、 B 、 Mn 、 Zn 、 Cu 和 Mo 分别为 3, 0. 5, 0. 5, 0. 05, 0. 02, 0. 01 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。每天通气 1 次, 每隔 10 d 左右更换 1 次营养液, 共培养 68 d。

1. 2 以自来水为水源的水培试验

试验于 1997 年 10 月 ~ 12 月进行, 供试材料为莴笋和菠菜。土壤苗床育苗, 出苗 30 d 后移植于盛有 3. 4 L 营养液的褐色塑料盆中水培。设 6 个处理(表 1), 重复 4 次。各处理大量营养元素 P 、 K 、 Ca 、 Mg 和 S 分别为 4, 8, 4, 4, 6 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$; Cl 为 $8 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, 其余微量元素浓度同 1. 1。培养期间每 7 d 更换 1 次营养液, 每天通气 10 min。先以 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 为氮源预培养 14 d, 1 ~ 7 d 氮素起始浓度为 $8 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, 8 ~ 14 d 起始浓度增至 $12 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。15 d 起进行处理, 共处理 28 d, 每 7 d 换 1 次营养液, 氮素起始浓度依次为 8, 8, 12, 12 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ (本试验中氮素由 NaNO_3 提供)。收获时取部分鲜样测定维生素 C 含量^[12]、硝酸还原酶活性^[13]以及硝态氮含量(用连续流动分析仪测定), 其余烘干备用。

表 1 处理的设置及不同供氮水平下的氮素实际加入量 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$

处理	氮素形态及比例	用 N 量 $8 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$			用 N 量 $12 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$		
		$\text{NO}_3^- - \text{N}$	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$	总 N	$\text{NO}_3^- - \text{N}$	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$	总 N
1	$\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+ = 100 : 0$	7. 5	0	8. 0	11. 5	0	12. 0
2	$\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+ = 70 : 30$	5. 0	2. 5	8. 0	8. 0	3. 5	12. 0
3	$\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+ = 50 : 50$	3. 5	4. 0	8. 0	5. 5	6. 0	12. 0
4	$\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+ = 30 : 70$	2. 0	5. 5	8. 0	3. 0	8. 5	12. 0
5	$\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+ = 5 : 95$	0	7. 5	8. 0	0	11. 5	12. 0
6	$\text{NO}_3^- : \text{脲} = 5 : 95$	0	7. 5	8. 0	0	11. 5	12. 0

注: 自来水中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量为 $6. 7 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 约合 $0. 5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

2 结果与分析

2. 1 硝、铵态氮对作物生长的影响(纯水为水源)

仅以硝态氮为氮源时, 7 种作物均生长良好。当铵态氮加入量占到全氮量 50%(硝态氮: 铵态氮为 1 : 1) 时, 除大豆外, 其余作物的生长均已受到一定程度的抑制, 其中莴笋最为显著。当完全供给铵态氮时, 7 种作物的生长均已受阻, 5 种蔬菜的生长量降低幅度均在 70% 以上(鲜重, 表 2)。说明硝态氮不仅是蔬菜, 而且是大豆和小麦水培时的优良氮源。

表 2 不同氮源对作物生长的影响 $\text{g} / \text{瓶}$

	N 源	莴笋	菠菜	油白菜	小白菜	大青菜	大豆	小麦
鲜重	$\text{NO}_3^- - \text{N}$	78. 6(100) A	37. 4(100) A	40. 5(100) A	28. 6(100) A	31. 3(100) A	17. 9(100) a	43. 2(100) a
	$\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$	15. 4(15) B*	27. 3(73) B	28. 0(69) B	23. 9(84) A	23. 2(74) A	18. 7(104) a	30. 3(70) a
	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$	- (-)*	8. 5(23) C	4. 6(11) C	7. 4(26) B	3. 1(10) B	- (-)*	24. 2(56) a
干重	$\text{NO}_3^- - \text{N}$	5. 34(100) A	3. 88(100) A	2. 94(100) aA	2. 28(100) A	2. 30(100) A	3. 22(100) A	6. 47(100) a
	$\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$	3. 04(57) B	3. 55(92) A	2. 44(83) bA	2. 43(107) A	2. 40(104) A	3. 16(98) A	5. 70(88) a
	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$	0. 66(12) C	1. 45(37) B	0. 52(18) cB	0. 81(36) B	0. 47(20) B	2. 11(66) B	4. 31(66) a

注: * 表示水培后期出现萎蔫现象; 括号内的数字是以 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 处理的生长量为 100 时其所占的百分数。

2. 2 不同处理对蔬菜生长的影响(自来水为水源)

2. 2. 1 对莴笋和菠菜生长量的影响 从表 3 可以看出, 先以硝态氮源预培养 14 d 后, 分别供给 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 和 尿素氮(即处理 1, 5, 6), 莴笋和菠菜的生长并未受到 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的抑制; 相反, 对莴笋而言, 3 种氮素形态处理中以单独供给 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的长势最好。0 不同 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 与 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 配比处理中(处理 1~5), 二者不管以何种比例配合, 莴笋的生长量均以二者配合为最大, 菠菜的生长量间则无显著差异。

表 3 不同氮素形态及配比对蔬菜茎叶生长的影响						g/盆	
处理	NO_3^-	NH_4^+	莴笋		菠菜		
			鲜重	干重	鲜重	干重	
1	100	0	126.0 B	9. 90 b	43. 1 a	6. 13 a	
2	70	30	158.0 A	10. 55 a	41. 4 a	5. 97 a	
3	50	50	153.8 A	10. 44 a	32. 5 a	5. 09 a	
4	30	70	158.0 A	10. 69 a	40. 7 a	5. 60 a	
5	5	95	168.0 A	10. 72 a	47. 5 a	6. 68 a	
6	5	95(脲)	121.9 B	9. 17 b	40. 4 a	6. 36 a	

注: 蔬菜生长以地上部总质量表示。

2. 2. 2 对蔬菜硝酸盐累积和硝酸还原酶活性的影响 从表 4 可以看出, 随着营养液中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 比例的提高, 莴笋和菠菜中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 累积量呈明显降低趋势, 表明增加 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 供应有利于改善蔬菜的卫生品质, 当在自来水中以 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 为唯一氮源时, 莴笋与菠菜整株中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 累积量($\mu\text{g/g}$) 分别仅为以 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 为唯一氮源时的 25% 和 15%, 说明增大营养液中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的比例, 可以大大降低蔬菜中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的累积量。同时, 莴笋叶片的硝酸还原酶活性(以还原亚硝酸钠的 μg 数表示) 随 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 加入量增加而降低(图 1)。

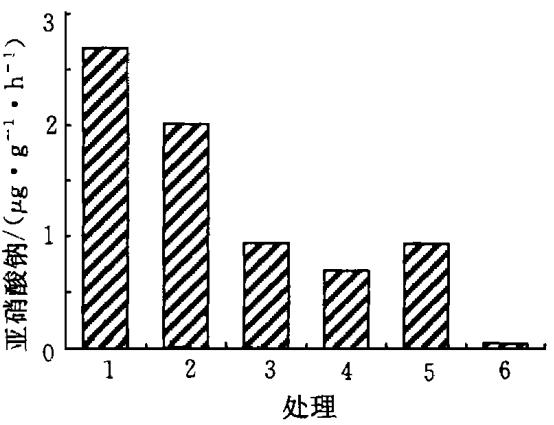


图 1 不同处理下莴笋叶片的硝酸还原酶活性

的硝酸还原酶活性(以还原亚硝酸钠的 μg 数表示) 随 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 加入量增加而降低(图 1)。

表 4 不同处理下莴笋和菠菜各部分 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 累积量								$\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	
处理	莴笋				菠菜				
	根	茎	叶	整株	根	茎	叶	整株	
1	731 a	640 a	135 a	467 a	501 a	607 a	285 a	407 a	
2	696 a	647 a	171 a	459 a	295 b	557 b	291 a	393 a	
3	568 b	501 b	85 b	353 b	277 b	306 c	175 b	248 b	
4	464 c	405 c	58 bc	271 c	159 c	66 d	33 c	77 c	
5	250 d	216 d	33 cd	118 d	82 d	105 d	35 c	61 c	
6	147 e	79 e	0 d	42 e	205 e	61 d	14 c	71 c	

注: 表中数字均为 2 次重复的平均值; $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 累积量以鲜重计算。

2. 2. 3 对蔬菜中维生素 C 含量的影响 对莴笋来说, 仅以硝态氮为氮源时维生素 C 含

量最高,单独供应尿素氮时,维生素 C 含量最低(表 5),随着营养液中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度的增加,维生素 C 含量有下降趋势。而菠菜中的维生素 C 含量基本上未受 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 与 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 配比的影响(表 5)。

表 5 蔬菜中维生素 C 含量与不同氮素形态及配比的关系 mg/g

处理	NO_3^-	NH_4^+	莴笋	菠菜	处理	NO_3^-	NH_4^+	莴笋	菠菜
1	100	0	0.68	0.95	4	30	70	0.56	0.95
2	70	30	0.63	0.89	5	5	95	0.59	0.94
3	50	50	0.61	0.87	6	5	95(脲)	0.39	0.99

3 讨 论

在以蒸馏水为水培水源时,单独供应 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 会显著抑制作物生长,这一结论与前人的完全一致^[1,3,4]。一般认为过量的铵态氮能抑制植物对钾与钙的吸收^[1,4],单纯给作物提供铵态氮源能使其遭受毒害,毒害主要由 NH_3 引起, NH_3 的毒害受 pH 和浓度的影响,在酸性至中性条件下, H^+ 浓度较高,会降低 NH_3 的产生,因而提高了 NH_4^+ 的浓度,而作物能忍受较高浓度的 NH_4^+ 。而在 NH_4^+ 浓度较大,或 pH 值较高时,会产生较多的 NH_3 而使作物遭受氨害,水溶态 NH_3 对植物的毒害机理尚未搞清^[14]。

本试验还表明,若采用适当措施(即以 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 作氮源预培养一段时间和以含少量 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的自来水为水源,再单独以 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 为氮源),对蔬菜生长反而有利,同时还大大降低了作物体内硝酸盐的含量,对维生素 C 含量影响也不大。在自来水为水培介质时,当单独供给 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 时,莴笋与菠菜未受氨害的可能原因有:①营养液配方中钙、镁离子的含量相当高,加上本地属石灰性土壤地区,自来水中亦有较多的钙镁离子,这些离子可能对减轻高浓度铵态氮对作物生长的胁迫有拮抗作用;④自来水的缓冲能力大,水培 7 d 后营养液的 pH 仍维持酸性条件,产生的水溶态 NH_3 很少,实测 pH 值后发现,每次水培 7 d 后营养液的 pH 值均未超过 6;④预培养阶段吸收的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 和进行处理期间自来水中少量的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 可能缓解了 NH_3 的毒害作用。自来水中成分较复杂,是否其他离子对缓解铵态氮胁迫产生影响,尚须作进一步探讨。而以有机态的尿素作氮源,当蔬菜生长迅速就难以满足作物对氮素的需求,可能是因为大量尿素分子进入植物体内后难以很快同化所致。

参 考 文 献

1 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. 南京农业大学学报, 1990, 13(3): 70 ~ 74

2 刘高琼,李式军. 酰胺态氮对水培白菜产量和硝酸盐积累影响的季节性差异. 南京农业大学学报, 1993, 16(2): 111 ~ 113

3 杜猛军,张建仪,赵福康. 不同硝态氮与铵态氮比例对生菜的产量和品质的影响. 杭州农业科技, 1992(4): 1 ~ 3

4 蒋名川,解淑贞编著. 蔬菜施肥. 北京: 农业出版社, 1985. 3 ~ 4

5 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. 土壤, 1990, 22(4): 222 ~ 225

6 章家骥. 硝酸盐对蔬菜的污染及其控制. 国外环境保护, 1987(3): 9 ~ 10

7 胡定金, Vlassak K. 不同光强下硝酸根离子停供对蔬菜硝酸盐含量的影响. 土壤肥料, 1993(4): 27 ~ 30

© 1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http

- 8 Cem e Hob B A 著. 农作物积累硝酸盐的农业生态因素. 蒋自立摘译. 国外农业环境保护, 1991(1): 24 ~ 26
- 9 李天贵, 周兆德, 黄启为. 氮肥种类对蔬菜产量和品质影响的研究. 湖南农学院学报, 1991, 17(1): 17 ~ 22
- 10 周乙敏, 任顺荣, 王玉祥. 氮素化肥对蔬菜硝酸盐积累的影响. 华北农学报, 1989, 4(1): 110 ~ 115
- 11 高祖明, 张春兰, 倪金应, 等. 黄瓜等九种蔬菜与 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 亲和力的研究. 南京农业大学学报, 1990, 13(1): 75 ~ 79
- 12 西北农业大学植物生理生化教研组编. 植物生理学实验指导. 西安: 陕西科学技术出版社, 1987. 124 ~ 126
- 13 西北农业大学主编. 基础生物化学实验指导. 第 1 版. 西安: 陕西科学技术出版社, 1986. 85 ~ 88
- 14 Mengel K , Kirkby E A. Principles of plant nutrition. Worblaufen-Bern: International Potash Institute, 1982. 353 ~ 354

Effect of Different Nitrogenous Forms and NO_3^- to NH_4^+ Ratio on Growth and Quality of Vegetables

Tiao Xiaohong Wang Zhaohui Li Shengxiu

(Department of Resources and Environmental Sciences, Northwestern

Agricultural University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract In order to investigate the effect of different nitrogen forms and NO_3^- to NH_4^+ ratio on growth and quality of vegetables, solution culture experiment in which the distilled water and the running water were supplied as growth medium respectively was conducted. The results are as follows: with the distilled water as growth medium, vegetable growth is inhibited to some extent when $\text{NO}_3^- - \text{N} : \text{NH}_4^+ - \text{N}$ ratio is 1 : 1 or $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ is supplied solely, when $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ is only nitrogen source, the vegetable growth amount is least. When the running water in which the small amount of nitrate exists is supplied as culture medium, at first the vegetable was cultured for some time only $\text{NO}_3^- - \text{N}$ as nitrogen source, then increasing the $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ percentage in nutrient solution, which favours growth and development of vegetables, in the meantime the nitrate content in vegetables decreased, vitamin C content in lettuce decreased and vitamin C in spinaches didn't show apparently change. When the vegetable growth amount is relatively large, the nitrogen source mainly supplied by urea can't meet the demand of vegetable to nitrogen.

Key words hydroponics experiment, nitrogenous forms, ammonia toxication, nitrate accumulation, vegetable culture