

不同 $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ 营养液对水培韭菜生长生理指标和品质的影响

杜红艳¹, 于平彬², 季延海², 武占会^{2,3}, 刘明池^{2,3}

(1. 北京农学院 植物科学与技术学院, 北京 102206; 2. 北京市农林科学院 蔬菜研究中心, 北京 100097;

3. 农业部都市农业(北方)重点实验室, 北京 100097)

摘要:以“791 宽叶雪韭”为试材,在完全水培条件下,采用北京市农林科学院蔬菜研究中心研发的新型水培系统进行水培试验,研究了 $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ 为 12 : 0、8 : 4、6 : 6、4 : 8、0 : 12 五个硝、铵配比营养液对水培韭菜生长生理指标及产量和品质的影响,以期探寻适用于水培韭菜生长的硝、铵配比。结果表明:以产量及生长发育为分析目标, $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ 为 8 : 4 处理适用于水培韭菜生产;以营养品质作为分析目标, $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ 为 6 : 6 和 4 : 8 处理其维生素 C 含量较高且有较低硝酸盐累积情况,但这 2 个处理生长量过低。综合分析,适用于水培韭菜的营养液 $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ 为 8 : 4。

关键词:水培韭菜;硝、铵配比;生长;生理;产量;品质

中图分类号:S 633.306.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)19-0049-04

韭菜(*Allium tuberosum* Rottlerspreng)属百合科葱属多年生宿根性蔬菜,原产于我国,因具有独特的芳香和较高的营养价值而被人们喜爱,在我国大部分地区广泛种植。目前传统土壤栽培主要存在 2 方面的问题,一方面传统土培为控制韭蛆为害常使用高毒农药灌根,造成土壤和产品农残污染严重;另一方面生产中部分菜农为追求高产大量施用无机氮肥,造成韭菜体内硝酸盐积累。随着我国设施农业特别是设施蔬菜产业的发展以及消费者对安全绿色有机蔬菜的迫切需求,各种栽培方式、调节化学氮肥用量以及有机肥研发和使用成为研究热点。

以前关于氮肥用量与蔬菜体内硝酸盐积累的研究主要集中在土壤栽培^[1],其研究认为氮肥用量与蔬菜硝酸盐含量呈显著的正相关($r=0.933\sim0.957$);卢凤刚等^[2]研究表明在基质预培养和液培处理条件下,以硝酸盐作为衡量标准,韭菜适宜的氮肥用量为 4~8 mmol/L,适宜的 $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ 为 1 : 3~0 : 4;毕兆东等^[3]认为土培条件下,使用 0.6% 尿素、0.4% 硫酸铵、0.6% 硝酸钙,以及 3 : 2 和 2 : 3 硝铵比进行追肥处理,对提高韭菜

产量,降低硝酸盐含量,增加维生素 C、可溶性糖和可溶性蛋白质含量的效果最好。该文水培设施采用的是北京市农林科学院蔬菜研究中心研发的新型水培系统^[4],将作物材料培养方式改为完全水培,一方面有效地避免土壤肥力不均或预培养后移栽造成的处理间差异和根系损伤;另一方面全生育期完全营养液水培更利于水培韭菜营养液配方的优化研究。现以“791 宽叶雪韭”为试材,研究了不同硝、铵配比营养液对水培韭菜产量和品质的影响,以期探寻适宜水培韭菜生长的硝铵比。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试韭菜品种为“791 宽叶雪韭”,来自于河南省扶沟县富生韭业公司。

1.2 试验方法

试验使用的基础营养液配方为日本千叶农式葱配方(mmol/L): $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 1.0; KNO_3 4.0; NH_4NO_3 2.0; KH_2PO_4 2.0; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 1.0; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 1.0,该配方工作液总氮浓度为 12 mmol/L, $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ 为 8 : 4。试验保持各处理总氮浓度为 12 mmol/L,设置 $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ 为 12 : 0、8 : 4(CK)、6 : 6、4 : 8、0 : 12 共 5 个处理。在培养过程中维持各处理的营养液 $\text{pH}=6.2\pm0.2$, $\text{EC}=(1.6\pm0.2)$ mS/cm 范围内,各处理营养液均为去离子水配制。

试验于 2012 年 8 月至 2013 年 5 月在北京市农林科学院蔬菜研究中心连栋温室内进行,水培设施采用北京

第一作者简介:杜红艳(1987-),女,硕士研究生,研究方向为蔬菜生理与优质安全栽培。E-mail:864715927@qq.com。

基金项目:国家农业部公益性行业科研专项资助项目(201303014-3);国家大宗蔬菜产业技术体系资助项目(CARS-25-G-01);北京市农林科学院科技创新能力建设专项资助项目(KJCX201204004)。

收稿日期:2014-06-10

市农林科学院蔬菜研究中心研发的新型水培系统并于2012年8月6日播种,试验从苗期开始处理。营养液每隔30 min充气1次,每次充气时间为30 min,营养液每7 d更换1次。每个处理3次重复,各处理随机排列。试验于2013年3月10日、4月7日、5月4日顺序采收3次,并于第3次测定各项指标。

1.3 项目测定

1.3.1 生长指标 株高:水培韭菜达到采收期时用直尺测量植株株高(直立状态下生长基部到最大叶长顶点的距离记为株高),精确度0.1 cm;叶长:使用直尺测量最大叶长,精确度0.1 cm;假茎粗:用游标卡尺测量植株假茎粗(距生长基部1 cm处),精确度0.01 mm;叶宽(最大叶宽):用游标卡尺测量植株的最大叶宽,精确度0.01 mm;叶片数:统计每株成熟叶片数,其中新生叶片长度 $\geq 1/2$ 最大叶片长记为半片叶, $\geq 3/4$ 最大叶片长记为一片叶。每个处理各项指标设置3次重复,每重复测定5次。

1.3.2 生理指标 叶绿体光合色素含量测定采用乙醇-丙酮浸提法;根系活力测定采用TTC法。

1.3.3 品质指标 维生素C含量测定采用GB/T6195-1986;粗纤维含量测定采用GB/T5009.10-2003;可溶性蛋白质含量测定采用考马斯亮蓝(G-250)染色法;可溶性糖含量测定采用GB/T6194-1986;硝酸盐含量测定采用NY/T1279-2007。

表1 不同 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ 营养液对水培韭菜生长发育的影响

Table 1 Effect of different ratios of NO_3^- and NH_4^+ nutrient solution on the growth index of hydroponic *Allium tuberosum*

$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$	株高 Plant height/cm	叶长 Leaf length/cm	叶片数 Leaf number	假茎粗 Stem diameter/mm	叶宽 Leaf width/mm
12:0	27.79 \pm 0.57a	21.39 \pm 0.84a	4.40 \pm 0.51a	2.17 \pm 0.08b	4.74 \pm 0.07a
8:4(CK)	27.27 \pm 0.59b	21.40 \pm 0.72a	4.13 \pm 0.35ab	2.33 \pm 0.08a	4.44 \pm 0.17b
6:6	21.79 \pm 0.47c	17.46 \pm 0.65b	3.87 \pm 0.35b	1.92 \pm 0.11c	4.03 \pm 0.08c
4:8	19.51 \pm 0.66d	15.51 \pm 0.65c	3.40 \pm 0.51c	1.69 \pm 0.06d	3.73 \pm 0.28d

注:表中同列数据后不同小写字母表示差异显著($\alpha=0.05$),下表同。

Note: The different lowercase letters within the same column after the data in the table show significant difference ($\alpha=0.05$), the same below.

2.2 不同 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ 营养液对水培韭菜生理指标的影响

2.2.1 不同 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ 营养液对水培韭菜根系活力的影响 从图1可以看出,CK处理根系活力最高,但与处理12:0和6:6差异不显著,处理4:8的韭菜植株根系活力比CK低23.92%,差异显著。根系作为营养物质的直接吸收部位,其生长发育状况以及其内部的还原酶活力对其地上部生长发育有直接影响,图1表现出的根系活力变化趋势与其生长指标变化差异一致。

2.2.2 不同 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ 营养液对水培韭菜光合色素含量的影响 由表2可知,叶绿素总量含量最高的是处理4:8,但与处理6:6差异不显著,较CK高出11.29%,且有显著差异,处理12:0叶绿素总含量最低;各种光合色素含量在不同处理间的变化趋势基本一致,

1.3.4 产量及干鲜质量 667 m^2 产量(kg)=单个格盘收获韭菜产量(kg) $\times 667\text{ m}^2 \times 10^4$ /单个格盘面积(54 cm \times 28 cm);鲜重:用分析天平称取新鲜水培韭菜植株重量,精确度0.001 g;干物重:将测完鲜重的植株于105℃烘箱中杀青15 min后,调75℃烘至恒重,称重,精确度0.001 g。

1.4 数据分析

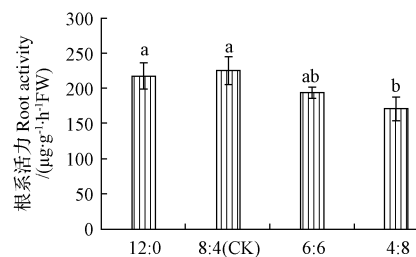
试验数据采用Excel 2010统计整理及作图,采用SPSS 17.0对数据进行单因素方差分析,使用Duncan检验数据差异的显著性。

2 结果与分析

试验从苗期开始处理,在完全水培条件下,培养过程中 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ 为0:12配比营养液水培韭菜在完全铵态氮源的环境下没有完成其生长发育过程,因此没有计入试验数据分析。

2.1 不同 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ 营养液对水培韭菜生长发育的影响

从表1不同 NO_3^- 与 NH_4^+ 配比营养液水培韭菜生长情况的比较可以看出,不同处理的株高和叶宽随着营养液中硝态氮与铵态氮比例的逐渐降低而减小,各处理间差异显著;从叶长和叶片数上来看,处理12:0与CK差异不显著;CK处理植株假茎粗表现最优。可以看出,在韭菜的水培过程中,以单一的硝态氮作为植株生长的氮源对于改善韭菜的生长状况作用不明显。



注:图柱上方的小写字母表示差异显著($\alpha=0.05$),下同。

Note: The lowercase letters above the columns in the figure show significant difference, the same below.

图1 不同 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ 营养液对水培韭菜根系活力的影响

Fig. 1 Effect of different ratios of NO_3^- and NH_4^+ nutrient solution on root activity of hydroponic *Allium tuberosum*

表 2 不同 NO₃⁻ : NH₄⁺ 营养液对水培韭菜光合色素含量的影响

Table 2 Effect of different ratios of NO₃⁻ and NH₄⁺ nutrient solution on photosynthetic pigments amount of hydroponic *Allium tuberosum*

NO ₃ ⁻ : NH ₄ ⁺	叶绿素 a	叶绿素 b	叶绿素 a+b	叶绿素 a/b	类胡萝卜素
	Chlorophyll a/(mg · g ⁻¹ FW)	Chlorophyll b/(mg · g ⁻¹ FW)	Chlorophyll a+b/(mg · g ⁻¹ FW)	Chlorophyll a/b	Carotenoids/(mg · g ⁻¹ FW)
12 : 0	0.7463±0.0198c	0.2246±0.0054b	0.9709±0.0252c	3.3229±0.0084b	0.1522±0.0051c
8 : 4(CK)	0.9020±0.0209b	0.2750±0.0142a	1.1770±0.0344b	3.2835±0.1023b	0.1775±0.0057b
6 : 6	0.9909±0.0343a	0.2872±0.0065a	1.2781±0.0406a	3.4493±0.0496a	0.1961±0.0066a
4 : 8	1.0171±0.0378a	0.2928±0.0130a	1.3099±0.0508a	3.4737±0.0251a	0.2022±0.0078a

即随着营养液中铵态氮相对比例的不断增高而升高,与植株在相同的生长时间内生长量的变化趋势相反。

2.3 不同 NO₃⁻ : NH₄⁺ 营养液对水培韭菜品质的影响

2.3.1 不同 NO₃⁻ : NH₄⁺ 营养液对水培韭菜硝酸盐含量的影响 从图 2 可以看出,水培条件下,随着营养液中硝态氮比例的降低水培韭菜硝酸盐含量迅速降低。处理 12 : 0 硝酸盐含量最高为 4 905.96 mg/kg,较 CK 高出 69.36%,差异显著;处理 6 : 6 与处理 4 : 8 分别低于 CK 20.19%和 28.05%,差异显著;除 12 : 0 外,其它

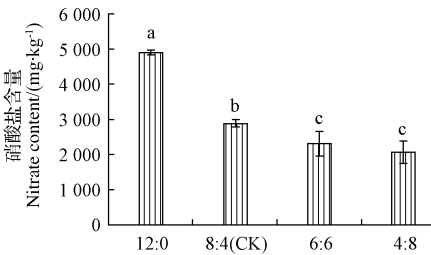


图 2 不同 NO₃⁻ : NH₄⁺ 营养液对水培韭菜硝酸盐含量的影响

Fig.2 Effect of different ratios of NO₃⁻ and NH₄⁺ nutrient solution on nitrate content of hydroponic *Allium tuberosum*

表 3 不同 NO₃⁻ : NH₄⁺ 营养液对水培韭菜营养品质指标的影响

Table 3 Effect of different ratios of NO₃⁻ and NH₄⁺ nutrient solution on nutrient quality index of hydroponic *Allium tuberosum*

NO ₃ ⁻ : NH ₄ ⁺	维生素 C 含量	可溶性糖含量	粗纤维含量	可溶性蛋白质含量
	Vitamin C content/(mg · (100g) ⁻¹)	Soluble sugar/ %	Crude fiber content/ %	Soluble proteins content/ %
12 : 0	46.40±0.00a	0.77±0.09c	1.18±0.10a	2.92±0.11c
8 : 4(CK)	40.60±0.00b	1.05±0.08b	1.36±0.13a	3.65±0.20b
6 : 6	44.47±1.67a	1.16±0.04a	1.32±0.10a	4.01±0.07a
4 : 8	44.47±1.67a	1.44±0.17a	1.30±0.09a	4.21±0.12a

表 4 不同 NO₃⁻ : NH₄⁺ 营养液对水培韭菜单株干、鲜质量的影响

Table 4 Effect of different ratios of NO₃⁻ and NH₄⁺ nutrient solution on fresh and dry weight plant of hydroponic *Allium tuberosum*

NO ₃ ⁻ : NH ₄ ⁺	单株鲜质量	单株干质量
	Fresh weight per plant/g	Dry weight per plant/g
12 : 0	1.11±0.0958a	0.08±0.0085b
8 : 4(CK)	1.10±0.0384a	0.09±0.0079a
6 : 6	0.72±0.0610b	0.06±0.0051c
4 : 8	0.53±0.0350c	0.04±0.0049d

3 个处理硝酸盐含量均未超过国家硝酸盐含量限量标准 (3 000 mg/kg)。

2.3.2 不同 NO₃⁻ : NH₄⁺ 营养液对水培韭菜营养品质的影响

从表 3 可以看出,不同硝、铵配比营养液水培韭菜的可溶性糖、可溶性蛋白质含量均以处理 4 : 8 和处理 6 : 6 较高,处理 12 : 0 最低,CK 居中;粗纤维含量以 CK 最高,处理之间差异不显著;处理 12 : 0、6 : 6、4 : 8 的维生素 C 含量分别比 CK 高出 14.29%、9.53%、9.53%,并与 CK 显著差异。

2.4 不同 NO₃⁻ : NH₄⁺ 营养液对水培韭菜干、鲜质量及产量的影响

2.4.1 不同 NO₃⁻ : NH₄⁺ 营养液对水培韭菜干、鲜质量的影响 由表 4 可知,不同硝、铵配比营养液水培韭菜单株干鲜质量变化趋势基本一致,处理 12 : 0 与 CK 之间无显著差异;处理 6 : 6 和 4 : 8 单株干鲜质量均与 CK 差异显著,单株鲜质量分别低于 CK 34.55%、51.82%,单株干质量分别低于 CK 33.33%、55.56%,表明随着营养液中铵态氮相对比例的增加水培韭菜植株单株干鲜质量呈明显降低趋势。综合比较还可以看出,增加营养液中硝态氮的比例对产量的影响,主要体现在提高了水培韭菜的水分含量,降低了干物质的积累。

2.4.2 不同 NO₃⁻ : NH₄⁺ 营养液对水培韭菜产量的影响

从图 3 可以看出,NO₃⁻ : NH₄⁺ 为 12 : 0 与 CK 处理水培韭菜产量分别为 1 666.49、1 655.08 kg/667m²,二者之间无显著差异,可以看出氮素形态完全为硝态氮对于水培韭菜产量的提高影响不大;6 : 6 和 4 : 8 处理水培韭菜产量与 CK 差异显著,较 CK 低 47.69%和 53.47%,二者之间差异显著,可以看出随着营养液中铵态氮比例的增大水培韭菜产量迅速降低。

3 讨论与结论

该试验的营养液配方以日本千叶农式葱配方为参

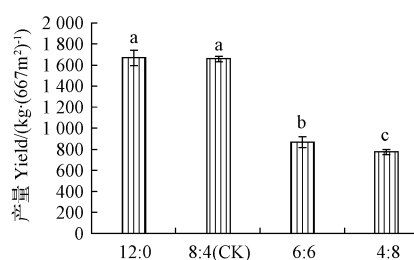


图3 不同 NO₃⁻ : NH₄⁺ 营养液对水培韭菜产量的影响

Fig. 3 Effect different ratios of NO₃⁻ and NH₄⁺ nutrient solution on the yields of hydroponic *Allium tuberosum*

照,从试验结果分析看,水培韭菜生长指标包括株高、茎粗、叶片长、叶片宽、叶片数等均与 NO₃⁻ : NH₄⁺ 为 12 : 0 和 8 : 4 较高且二者之间无显著差异;从 667 m² 产量以及单株干鲜重结果分析中可以看出,各处理间的变化趋势与其生长状况相一致,即随着营养液中铵态氮比例的增加水培韭菜产量等迅速降低,在水培条件下,由 12 : 0 处理产量与 CK 无显著差异的结果可知营养液中氮素全部为硝态氮对产量的提高意义不大;综合比较单株干、鲜质量可以看出,增加营养液中硝态氮的比例对产量的影响,主要体现在提高了水培韭菜的水分含量,降低了干物质的积累。这与王朝辉等^[5]在土壤栽培条件下,对小白菜、菠菜等硝酸盐积累和蔬菜水分的关系上的研究结果一致。

良好的根系活力是水培植株有效吸收和转化所需营养物质的基础,该试验根系活力变化趋势与生长发育及产量变化相一致;光合色素含量变化趋势与生长量变化相反,即随着营养液中铵态氮比例的增加各种光合色素含量不断升高;营养品质上,处理 12 : 0 表现最差,而且其硝酸盐含量较 CK 高 69.36%,超出国家新鲜蔬菜硝酸盐含量限量标准。

该试验结果表明,以产量及生长发育状况为分析目标,NO₃⁻ : NH₄⁺ 为 8 : 4 处理适用于水培韭菜生产;以营养品质作为分析目标,NO₃⁻ : NH₄⁺ 为 6 : 6 和 4 : 8 处理其粗纤维等含量较高且有较低的硝酸盐累积情况,但这 2 个处理生长量过低。综合结果分析,适合用于水培韭菜的营养液 NO₃⁻ : NH₄⁺ 为 8 : 4,与日本千叶农式葱配方的硝、铵配比相一致。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 卢凤刚,陈贵林. 氮素浓度及形态对韭菜硝酸盐及硝酸还原酶活性的影响[J]. 北方园艺,2011(4):41-43.
- [3] 毕兆东,王世金,程青青,等. 不同氮肥及配比对韭菜产量和品质的影响[J]. 东北农业大学学报,2010,41(11):37-41.
- [4] 刘明池,武占会,陈海丽,等. 营养液无基质育苗栽培系统及育苗方法[P]. 中国:CN201010240105. 2011-02-09. 2010.
- [5] 王朝辉,田霄鸿,李生秀. 硝态氮积累对蔬菜水分、有机氮的影响[J]. 中国环境科学,2000,20(6):481-485.

Effect of Different Ratios of NO₃⁻ and NH₄⁺ on Growth and Physiological Indexes and Quality of Hydroponic *Allium tuberosum*

DU Hong-yan¹, YU Ping-bin², JI Yan-hai², WU Zhan-hui^{2,3}, LIU Ming-chi^{2,3}

(1. Plant Science and Technology College, Beijing University of Agriculture, Beijing 102206; 2. Vegetable Research Center of Beijing Academy of Agriculture and Forest Science, Beijing 100097; 3. Key Laboratory of Urban Agriculture (North), Ministry of Agriculture, Beijing 100097)

Abstract: Taking '791 kuanxuejiu' as the test material, under the condition of completely nutrient solution hydroponics, the hydroponic experiment was taken by using a new type of hydroponic system developed by Vegetable Research Center of Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, the effects of five kinds of ratios of NO₃⁻ and NH₄⁺ (12 : 0, 8 : 4, 6 : 6, 4 : 8, 0 : 12) on growth and physiological indexes and quality of hydroponic *Allium tuberosum* were studied, in order to define the proper ratios of NO₃⁻ and NH₄⁺ suitable for hydroponic *Allium tuberosum*. The results showed that taking the yield and growth and development as analysis of element, the ratio of NO₃⁻ and NH₄⁺ at 8 : 4 treatment was suitable for hydroponic *Allium tuberosum*, 6 : 6 and 4 : 8 treatments had the higher content of vitamin C and the lower content of NO₃⁻, but these two treatments both had the lower yield. Comprehensive analysis, the suitable ratio of NO₃⁻ and NH₄⁺ was 8 : 4 for hydroponic *Allium tuberosum*.

Keywords: hydroponic *Allium tuberosum*; ratios of NO₃⁻ and NH₄⁺; growth; physiological; yield; quality