

营养液浓度对水培生菜生长和硝酸盐积累的影响

别之龙, 徐加林, 杨小峰

(1. 华中农业大学园艺植物生物学教育部重点实验室, 国家蔬菜改良中心华中分中心, 华中农业大学园艺林学学院, 武汉 430070)

摘要: 该文研究了4种营养液浓度处理(山崎生菜配方的1/4(1/4s)、1/2(1/2s)、1(1s)和2(2s)单位)对水培生菜(品种为“弘农”和“绿领”)生长、硝酸盐积累和品质的影响。结果表明, 1/2单位营养液浓度处理下生菜地上部和根的鲜重、叶长和叶宽最大, 而2个单位营养液浓度处理下上述指标最小。不同营养液浓度处理下叶片硝酸盐积累的高低顺序为2s>1s>1/2s>1/4s, 2个单位营养液浓度处理下生菜生长发育后期叶片中的SOD活性和MDA含量最高。对采收时生菜品质的分析表明, 生菜体内的硝酸盐含量随着营养液浓度的增加而迅速上升, 2个单位营养液浓度处理下生菜叶片中硝酸盐、可溶性糖和可溶性蛋白质R含量最高。综合考虑产量和品质, 采用1/2单位的山崎生菜配方是适合生菜水培的营养液配方。

关键词: 营养液浓度; 水培; 生菜; 产量; 硝酸盐

中图分类号: S317

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2005)S-0109-04

别之龙, 徐加林, 杨小峰 营养液浓度对水培生菜生长和硝酸盐积累的影响[J]. 农业工程学报, 2005, 21(S): 109-112

Bie Zhilong, Xu Jialin, Yang Xiaofeng Effects of different nutrient solution concentrations on the growth and nitrate accumulation of hydroponic lettuce [J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(Supp): 109-112 (in Chinese with English abstract)

0 引言

蔬菜水培是蔬菜无土栽培中发展很快的一个领域^[1-3], 由于水培条件下蔬菜生长整齐、生育期短、商品性好, 水培技术已经被广泛应用于蔬菜栽培特别是绿叶蔬菜的高效生产, 但蔬菜水培一直存在成本过高的问题, 由于蔬菜水培的营养液配方中大量使用硝酸盐, 导致水培蔬菜产品中的硝酸盐含量偏高, 如何降低水培蔬菜的硝酸盐含量、降低水培蔬菜的生产成本一直是国际无土栽培领域的研究热点, 本试验旨在研究不同浓度的营养液处理对水培生菜生长和硝酸盐含量的影响, 以寻求更加经济有效的蔬菜水培技术。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于2004年8月~10月在华中农业大学无土栽培温室中进行。以意大利耐抽薹生菜品种“弘农”和“绿领”为供试材料。2004年8月15日种子经浸种催芽后播于聚氨酯泡沫育苗块上, 真叶露心时分苗于泡沫板, 9月7日于生菜幼苗六叶一心时按18 cm×20 cm的密度定植于DFT(深水液流系统)栽培槽(长18 m, 宽84 cm)中。每一栽培槽营养液量均为1.5 m³, 以每小时循环15 min的方式间隔循环供液, 每2 d调整营养液一次, 添加水和营养液至原始液量和浓度, 生菜于10月6日采收。

1.2 试验设计

以山崎生菜标准营养液配方为基础(1s), 定植后设

4个营养液浓度处理: 营养液浓度分别为标准配方的1/4、1/2、1和2倍(分别用1/4s、1/2s、1s和2s)表示。山崎生菜标准营养液配方中大量元素浓度为N 60 mmol/L, P 0.5 mmol/L, K 40 mmol/L, Ca 1.0 mmol/L, Mg 0.5 mmol/L, 各个处理下的微量元素配方均采用Aron配方。

1.3 测定项目和方法

超氧化物歧化酶(SOD)活性采用NBT光化还原法测定^[5]; 丙二醛(MDA)采用硫代巴比妥酸法测定^[5]; 可溶性蛋白采用考马斯亮蓝—G250染色法测定^[5]; 可溶性糖采用蒽酮比色法^[5]; 硝酸盐采用比色法测定^[5]; 维生素C用滴定法测定^[5]。

方差分析采用SAS软件的ANOVA过程处理, 显著性检验采用邓肯法。

2 结果与分析

2.1 不同营养液浓度处理对生菜生长的影响

不同营养液浓度处理显著影响了生菜地上部和根的生长(表1), 两个品种的表现基本一致, 1/2单位营养液浓度处理下生菜地上部和根的鲜重最大, 1个单位营养液浓度处理下的地上部鲜重显著高于1/4和2个单位营养液浓度处理, 最大叶的叶长和叶宽均表现出相同的变化规律, 2个单位营养液浓度处理下的地上部和根的鲜重、叶长、叶宽均最小, “弘农”品种地上部和根鲜重分别为1/2单位营养液浓度处理的25.3%和31.4%, 1/2单位和1个单位营养液浓度处理对叶片数无显著影响, 但其叶片数显著高于2个单位营养液配方处理, 表明2个单位的营养液浓度处理显著抑制了水培生菜的生长。对地上部含水率的分析表明, 1/2单位营养液浓度处理下地上部的含水率较高, 而2个单位营养液浓度处理下地上部的含水率最低。

收稿日期: 2005-07-30

基金项目: 国家自然科学基金(30500346); 湖北省科技攻关重点项目(2005AA201C38); 教育部留学回国人员科研启动基金项目资助
作者简介: 别之龙(1970-), 男, 教授, 博士, 博士生导师, 研究方向: 蔬菜生长发育调控。湖北武汉 华中农业大学园艺林学学院, 430070。Email: biezl@mail.hzau.edu.cn

表 1 不同营养液浓度对水培生菜生长的影响

Table 1 Effect of different nutrition solution concentrations on the growth of hydroponic lettuce

品种	处理	叶片数	地上部鲜重 /g	地上部干重 /g	根鲜重 /g	根干重 /g	叶长 /cm	叶宽 /cm	地上部含水率 /%
弘农	1/4s	17az	56.6c	2.4c	16.75b	1.00b	13.8bc	11.0b	94.83a
	1/2s	18.5a	101.7a	5.1a	20.90a	1.26a	19.2a	13.9a	95.01a
	1s	17.5a	90.9b	3.8b	15.73b	1.18ab	16.0b	12.3ab	95.18a
	2s	12.8b	25.7d	1.6d	7.52c	0.62c	11.6c	9.1c	93.47b
绿领	1/4s	15b	69.0c	2.3c	12.88c	0.82c	15.4b	11.5a	94.11c
	1/2s	22a	132.7a	5.3a	22.53a	1.34a	19.1a	13.3a	95.98a
	1s	21.5a	103.9b	4.1b	17.43b	1.25ab	17.8a	12.5a	94.99b
	2s	12c	23.7d	1.8c	10.93c	1.00bc	10.3c	8.3b	92.24d

注:表中叶长与叶宽的数据为最大叶的数据,同一列的不同英文字母表示经邓肯氏多重极差测验达到5%显著水平。

2.2 不同营养液浓度处理对生菜硝酸盐积累的影响

不同营养液浓度处理显著改变了生菜体内的硝酸盐含量(图1),生菜叶片中的硝酸盐含量随着营养液浓度的升高而显著增加,各个处理下叶片硝酸盐积累的高低顺序为2s>1s>1/2s>1/4s,两个品种均表现出相同的变化规律。

两个生菜品种体内硝酸盐含量在植株不同生长发育时期的动态变化规律亦基本相同(图1),定植初期各营养液浓度处理对生菜体内硝酸盐累积差异不显著,但随着生菜生长,营养液浓度处理对生菜硝酸盐的累积从第13d开始即产生显著差异,2个单位营养液浓度处理下生菜硝酸盐的积累量显著高于其它处理,随着定植后天数的延长,生菜体内硝酸盐积累逐渐增加,定植后21d时达到最大值,其后对于1/2和1个单位营养液浓度处理,硝酸盐含量平缓增加,而对于1/4单位营养液

浓度处理,生菜叶片中硝酸盐含量则一直呈缓慢下降趋势。

2.3 不同营养液浓度处理对生菜叶片SOD活性的影响

不同营养液浓度处理对生菜叶片SOD活性的影响见图2,两个生菜品种的SOD活性均表现出相同的变化规律,定植后各处理叶片中的SOD活性基本呈先上升后下降的趋势,定植后第13d达到最高,其后随着定植后天数的延长而逐渐降低,但2个单位营养液浓度处理的SOD活性则从18d开始迅速增加,至第23d达到最高。不同营养液浓度处理对不同生长发育时期生菜叶片中的SOD活性影响并不相同,定植后第13d,1个单位营养液处理下SOD活性最高,而在第23d,2个单位营养液浓度处理下SOD活性最高,表明不同营养液浓度处理对生菜叶片SOD活性的影响与生菜叶片的生长发育阶段有密切联系。

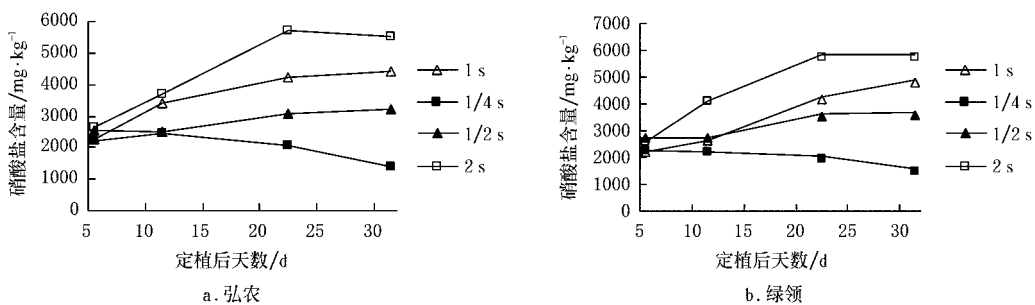


图1 不同营养液浓度对生菜体内硝酸盐含量的影响

Fig 1 Effects of different nutrition solution concentrations on the nitrate content of hydroponic lettuce

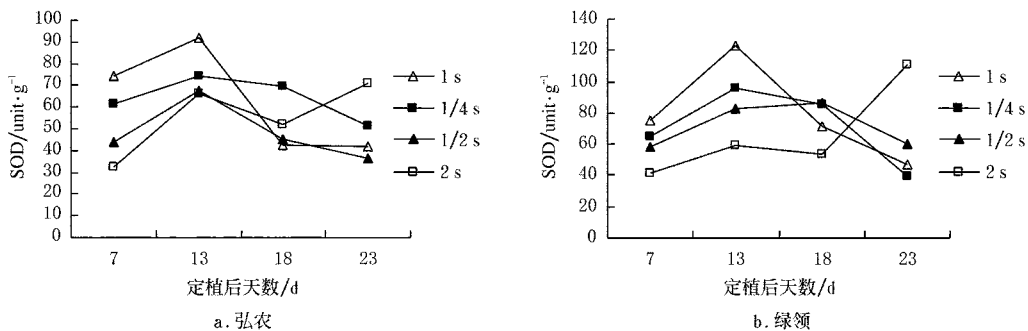


图2 不同营养液浓度对生菜叶片超氧化物歧化酶活性的影响

Fig 2 Effect of different nutrition solution concentrations on the SOD activity of lettuce leaves

2.4 不同营养液浓度处理对生菜丙二醛含量的影响

图3显示,不同营养液浓度处理显著影响了生菜叶片中的MDA含量,两个品种变化规律基本一致,随着定植后天数的延长,1/4和2个单位营养液浓度处理下生菜叶片中的MDA含量逐渐增加,至定植后24天达到最高,而对于1/2和1个单位的营养液浓度处理,叶片MDA含量在整个生长期基本保持不变,不同营养液浓度处理下生菜叶片MDA含量的高低顺序为2s>1/4s>1s>1/2s,MDA是膜脂过氧化积累的重要指标,反映了细胞膜受伤害的程度,本试验的结果表明,2个单位营养液浓度处理下细胞膜伤害最为严重,伤害的程度随着定植后天数的延长而逐渐增加,而1/2和1个单位的营养液浓度处理下生菜不同生长发育阶段MDA含量基

本不变的结果表明生菜生长发育正常,细胞膜基本没有受到伤害。

2.5 不同营养液浓度处理对生菜品质的影响

不同营养液浓度处理显著影响了采收时生菜的品质(表2),叶片中的硝酸盐积累随着营养液浓度的升高而显著增加,2个单位营养液浓度处理下硝酸盐含量最高,而1/4单位营养液浓度处理下硝酸盐含量最低,以“弘农”品种为例,前者是后者的3.96倍。可溶性蛋白质亦随着营养液浓度的升高而显著增加,可溶性糖的含量以2个单位营养液浓度处理下最高。不同营养液浓度处理下两个生菜品种表现出基本相同的变化规律,但品种“绿领”较“弘农”的硝酸盐含量、可溶性糖和可溶性蛋白质含量一般要高一些。

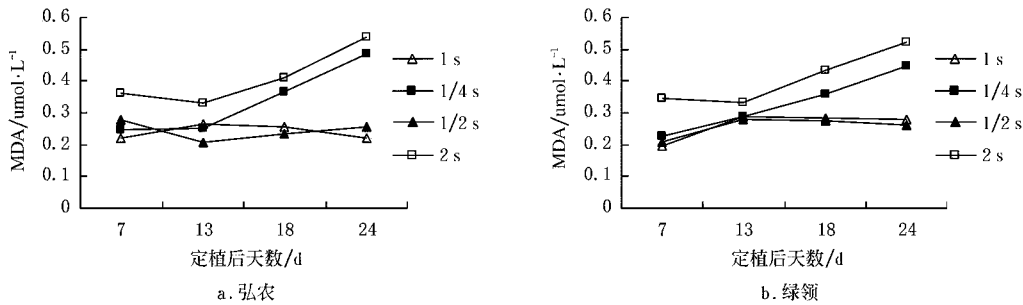


图3 不同营养液浓度对生菜叶片丙二醛含量的影响

Fig. 3 Effect of different nutrient solution concentrations on the MDA content of lettuce leaves

表2 不同营养液浓度对生菜品质的影响

Table 2 Effect of different nutrient solution concentrations on the quality of lettuce /mg · g⁻¹FW

浓度	硝酸盐		可溶性糖		可溶性蛋白		维生素C	
	弘农	绿领	弘农	绿领	弘农	绿领	弘农	绿领
1/4s	1392.98d	1557.197d	4.020b	4.093c	3.461d	3.392d	0.596b	0.700a
1/2s	3239.24c	3707.478c	3.028c	4.068c	4.356c	4.224c	0.432c	0.425c
1s	4400.61b	4877.039b	5.334a	4.591b	5.385b	5.484b	0.597b	0.597b
2s	5521.38a	5844.788a	5.401a	5.446a	6.547a	7.072a	0.696a	0.643b

注:表中不同英文字母表示经邓肯氏多重极差测验达到0.05显著水平。

3 结论与讨论

本试验的结果表明,不同浓度的营养液处理显著影响了水培生菜的生长(表1),两个生菜品种采收时地上部的产量均以1/2单位营养液浓度处理最高,尽管1/2单位营养液浓度处理下生菜的叶长和叶宽与1个单位营养液处理下有区别,但从营养液经济有效性来考虑,1/2单位营养液浓度处理无疑是比较经济有效的营养液配方。不同浓度的营养液处理下生菜表现出的生长差异可能与营养液的EC值有关,随着营养液浓度的增加,营养液的EC值显著增加,高浓度(2个单位营养液浓度)下所表现出的生长抑制可能与营养液的高EC值有关,高EC值会导致植物根系周围出现渗透胁迫,从而影响植物对营养的吸收,2个单位营养液浓度处理下地上部含水量最低的结果证实了这一结论,而在1/4单位营养液浓度处理下生菜生长所表现出的生长抑制则

可能与营养缺乏有关。

对与细胞膜活性氧代谢有关的SOD活性和MDA含量的分析(图2和图3)表明,不同浓度的营养液处理显著影响了细胞膜的活性氧代谢过程,水培生菜的生长发育后期2个单位营养液浓度处理下的SOD活性和MDA含量均是最高,表明细胞膜受伤害的程度最重,由于膜脂过氧化产物的积累,导致细胞膜的正常功能受损,从而影响了生菜的生长发育,1/4单位营养液浓度处理下生菜叶片中的MDA含量亦是随着生长发育而逐渐增加(图3),表明低浓度的营养液处理也会产生膜脂过氧化产物的积累,从而影响生菜的生长(表1)。

对不同生长发育时期叶片中的硝酸盐积累动态(图1)和采收时生菜的品质分析(表2)表明,不同浓度的营养液处理极大改变了生菜体内的硝酸盐积累和生菜的品质,随着营养液浓度的增加,生菜体内的硝酸盐含量迅速增加,1/4单位营养液浓度处理下生菜的硝酸盐含

量最低,而2个单位营养液浓度处理下生菜的硝酸盐含量最高,采用1/4单位的营养液处理无疑是降低生菜硝酸盐含量的有效途径,但1/4浓度营养液处理下生菜的地上部生长受到较大抑制,产量较低(表1),而且1/4浓度营养液处理下生菜表现出缺Ca的症状,因此综合分析产量和品质因素,采用1/2单位的山崎生菜配方是适合生菜水培的营养液配方。

[参 考 文 献]

- [1] Blom-Zandstra M. Nitrate concentration and reduction in different genotypes of lettuce [J]. J Amer Soc Hort Sci, 1986, 11(6): 908- 911.
- [2] Kotsirasa A, Olympiosa C M, Drosopoulos J, et al. Effects of nitrogen form and concentration on the distribution of ions within cucumber fruits [J]. Scientia Horticulturae, 2002, 95: 175- 183.
- [3] Rios-Gonzalez K, Erdei L, Lips S H. The activity of antioxidant enzymes in maize and sunflower seedlings as affected by salinity and different nitrogen sources [J]. Plant Science, 2002, 162: 923- 930.
- [4] 艾绍英,王美丽,姚建武,等. 氮素营养条件对菜心吸收矿质养分的影响及其与硝酸盐累积的关系[J]. 农业环境科学学报, 2003, 22(5): 578- 581.
- [5] 李合生,陈翠莲,洪玉枝,等. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [6] 杜秀敏,殷文璇,赵彦修,等. 植物中活性氧的产生及清除机制[J]. 生物工程学报, 2001, 17(2): 121- 125.
- [7] 徐加林,别之龙,张盛林. 不同氮素形态配比对生菜生长、品质和保护酶活性的影响[J]. 华中农业大学学报, 2005, 24(3): 290- 294.
- [8] 山崎肯哉. 养液栽培全编[M]. 东京: 博友社, 1982.

Effects of different nutrient solution concentrations on the growth and nitrate accumulation of hydroponic lettuce

Bie Zhilong, Xu Jialin, Yang Xiaofeng

(Key Laboratory of Horticultural Plant Biology, National Vegetable Improvement Center (Central China),
College of Horticulture and Forestry, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract Effects of four different nutrient solution concentration treatments (1/4, 1/2, 1 and 2 units of Yamasaki lettuce nutrient solution formula) on the growth and nitrate accumulation of lettuce (cv. Hongnong and Lvling) were investigated. The results showed that shoot and root fresh weights, leaf length and width were the biggest in the 1/2 unit nutrient solution treatment, whereas they were the least in the treatment of 2 unit nutrient solution. The accumulation of nitrate in the lettuce leaves in different nutrient solution treatments was $2s > 1s > 1/2s > 1/4s$, and the SOD activity and MDA content in lettuce leaves were the highest in the treatment of 2 unit nutrient solution. The nitrate content in the leaves increased significantly with the concentration of nutrient solution, and the highest nitrate content, soluble protein content and soluble sugar content were in the treatment of 2 unit nutrient solution. It was suggested that 1/2 unit of Yamasaki lettuce nutrient solution formula was the most economic nutrient solution formula suited for lettuce hydroponic production.

Key words: Nutrient solution concentration; hydroponics; *Lactuca sativa* L.; yield; nitrate