植物营养与肥料学报 2011,17(6):1409-1416
Plant Nutrition and Fertilizer Science

不同营养液浓度对温室盆栽黄瓜产量与品质的影响

李 邵[1,2,3], 薛绪掌[2*], 齐 飞[1], 周长吉[1], 郭文善[3], 陈 菲[2]
(1 农业部规划设计研究院设施农业研究所,北京 100125; 2 国家农业信息化工程技术研究中心,北京 100097;
3 扬州大学江苏省作物遗传生理重点实验室,江苏扬州 225009)

摘要: 营养液浓度与供液方式会影响温室黄瓜的产量与品质。本文通过盆栽试验,以山崎黄瓜专用营养液配方标准浓度 1S 为基准,研究了负水头供水控水盆栽装置供液条件下 1/2S、3/4S、1S、1¼S 4 种营养液浓度以及常规浇灌 1S(CK)营养液浓度对温室盆栽基质栽培黄瓜产量与品质的影响。结果表明,地上部干重和产量与营养液浓度成显著正相关关系; 1S 处理产量与地上部干重显著大于 1S (CK)处理,但营养液生产效率差异不显著; 黄瓜整体品质随生育进程而提高,采收初期果实品质整体指标各处理差异较大,1S 处理的较高; 采收中期 1¼S 与 1S 处理的较高,而采收末期各处理整体品质差异较小,1/2S 与 1S(CK)处理的相对较高; 其中 1S(CK)处理各采收时期果实硝酸盐含量明显高于 1S 处理,而其它各指标两者无显著差异。负水头供水控水盆栽装置供液方式与 1S 营养液浓度处理是一种较好的供液方式与供液浓度。同时,适当提高黄瓜生育前期与降低生育末期营养液浓度能提高黄瓜的整体品质。

关键词: 营养液; 黄瓜; 负水头控水; 产量; 品质
中图分类号: S275.4; S642.2　　**文献标识码**: A　　**文章编号**: 1008-505X(2011)06-1409-08

Effects of different nutrient solution contents on yield and quality of greenhouse potted cucumber

LI Shao[1,2,3], XUE Xu-zhang[2*], QI Fei[1], ZHOU Chang-ji[1], GUO Wen-shan[3], CHEN Fei[2]
(*1 Institute of Facility Agriculture, Chinese Academy of Agricultural Engineering, Beijing 100125, China;*
2 National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China;
3 Jiangsu Province Key Lab of Crop Genetics and Physiology, Yangzhou 225009, China)

Abstract: The effects of different concentrations and ways of supplying nutrient solution on yield and quality of greenhouse cucumber (*Cucumis sativus* L.) were investigated in a greenhouse potted cucumber experiment. Four levels of nutrient solution concentrations were applied at 1/2S, 3/4 S, 1S and 1¼S (1S Yamazaki cucumber nutrient solution concentration as the standard concentration) with negative pressure water supplying and controlling pot device, and the 1S (CK) treatment with traditional irrigation method were used as CK. The results show that the shoot dry weight and yield are positively and significantly correlated with the nutrient solution concentrations. Compared with the 1S (CK) treatment, the shoot dry weight and yield are significantly increased under the 1S treatment, while nutrient solution use efficiency is not significantly affected by different concentrations and ways of supplying nutrient solution. The general qualities of cucumber are improved with the growing process. At the earlier stage, the qualities are significantly affected by the concentration of nutrient solution, and the quality under the 1S treatment is much better. At the middle stage, the fruit qualities under the 1¼S and 1S treatments are better than other treatments. At the terminal stage, the quality is no significantly affected by the concentration of nutrient solu-

收稿日期: 2011-01-07　　**接受日期**: 2011-07-22
基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(200903009);国家"863"项目(2010AA10A301)资助。
作者简介: 李邵(1983—),男,湖南邵东人,博士,助理研究员,主要从事设施蔬菜栽培与环境调控技术研究。E-mail: lishao1983@126.com
* 通讯作者 Tel: 010-51503591, E-mail: xuexz@nercita.org.cn

tion, and the qualities under the 1/2S and 1S (CK) treatments are better. Thus the 1S nutrient solution with the way of negative pressure water supplying and controlling pot device is an efficient method for increasing yield and improving quality of greenhouse potted cucumber. Also increasing the nutrient solution concentration at the earlier stage and decreasing the nutrient solution concentration at the terminal stage can improve the general quality of greenhouse cucumber.

Key words: nutrient solution; cucumber; negative pressure water control; yield; quality

营养液配方与浓度对无土栽培蔬菜的产量与品质影响显著。近两个世纪来,研究学者针对无土栽培的不同蔬菜作物提出了不同的优化营养液配方与浓度,如在黄瓜无土栽培中,山崎黄瓜营养液配方一直被人们沿用至今[1]。但蔬菜作物在不同的栽培基质、作物品种、气候环境以及不同的施肥方式下对养分的吸收都有一定的差异,蔬菜作物的产量与品质也有一定的差异[2-3]。前人研究表明,随着营养液浓度的升高,黄瓜的产量呈上升的趋势,但当营养液浓度增加到一定浓度时,黄瓜的品质呈直线下降趋势,而且随着营养液 EC 值的增加,黄瓜植株受到的盐害胁迫急剧增加[4-5],所以探讨具体栽培环境与施肥方式下的合适营养液浓度与配方意义较大。本试验采用负水头供水控水盆栽装置[6-9]直接供给不同浓度山崎黄瓜营养液进行黄瓜栽培试验,通过设置各处理装置的相同供水吸力值,将各处理基质含水率控制在同一个水平,另外设置了常规浇灌的方式进行对照,研究了不同浓度的山崎黄瓜营养液配方与不同灌溉方式对黄瓜产量与品质的影响,以期确定负水头灌溉技术下黄瓜基质栽培的适宜营养液浓度,同时对负水头供水控水盆栽装置直接供给营养液效果进行初探。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于2009年7～11月在北京市农林科学院日光温室内进行,采用负水头供水控水盆栽装置供给营养液,黄瓜采用基质栽培,基质配方为草炭:硅藻土:蛭石 =2:2:1;工业纯硅藻土(SiO_2含量≥85%、容重0.401 g/cm^3、总孔隙度80.2%、粒径0～0.1 mm),草炭(容重0.253 g/cm^3,总孔隙度87.7%,粒径0～5 mm),蛭石(容重0.168 g/cm^3,总孔隙度86.11%,粒径0～2 mm),配方基质容重为0.22 g/cm^3、总孔隙度为80.5%、大小孔隙比为0.42、pH值为6.98、EC值为0.98 mS/cm、有机质含量22.54%、全氮0.6%、有效磷4.32 mg/kg、有效钾330 mg/kg。每盆装混合均匀的配方基质4 kg,并在盆栽表层覆盖塑料薄膜,防止表面蒸发。

试验以山崎黄瓜专用营养液配方[1]标准浓度为1个剂量(S),设1/2S、3/4S、1S、1¼S共4个营养液浓度处理,并设常规浇灌营养液对照处理(CK),每处理重复4次。常规对照浇灌的营养液浓度为1S,浇灌方式为手工浇灌,浇灌时间和浇灌量以保持处理基质的相对含水率与盆栽装置基本一致为准。其他各处理在前一次管内营养液基本消耗完全时再加入营养液。各处理营养液中加入的微量元素浓度一致,微量元素采用通用配方[1]。各处理供水吸力统一设置为5 kPa,此时基质相对含水率测定值为44.85%。黄瓜供试品种为京研迷你2号(北京市农林科学院蔬菜研究中心育成),7月26日育苗,8月10日定植,每盆定植长势一致的黄瓜幼苗一株。每盆浇定植水3 L。黄瓜采收日期为9月16～11月6日,11月6日拉秧,各处理黄瓜植株8节以下的雌花全部摘掉,全部处理不留侧枝。每周五熏一次百菌清烟熏剂,防治病虫害。为方便管理将黄瓜整个生育期划分为5个时期:苗期(8/10～8/31)、初花期(9/1～9/15)、采收初期(9/16～10/2)、采收中期(10/3～10/19)和采收末期(10/20～11/6)。

1.2 负水头供水控水盆栽装置原理

图1为一种负水头供水控水盆栽装置示意图,该装置前人已有研究[6-9]。本试验采用的装置结构相对前人研究有一定的调整,主要区别于储水管与集气管合二为一;而控压管内始终装有的一定高度(h_1)的控压液体,它提供给储水管(集气管)的压强为$-\rho g h_1$,其中 h_1 为控压管高度,ρ 为灌溉水的密度,g 为重力常数,h_1 的值即为供水吸力值,例如控压管的高度 $h_1 = 100$ cm,那么此时控压管提供给集气管出水的压强为$-\rho g h_1 = 10$ kPa,即供水吸力值为10 kPa,可以通过改变控压管内控压液体的高度 h_1 即供水吸力值来调节盆栽系统所需要的不同土壤含水量。而控压管外的进气管是保证控压管内的压强值与大气压平衡。读取一段时间内储水管(集气管)水面下降的高度值 h_2 即为盆栽植物这一段时间的蒸散量,通过测定储水管内径,即可以算出盆栽植

物一段时间的实际蒸散值。采用改进后的盆栽装置是避免在原来的装置中出现集气管内营养液矿质离子累计的现象。

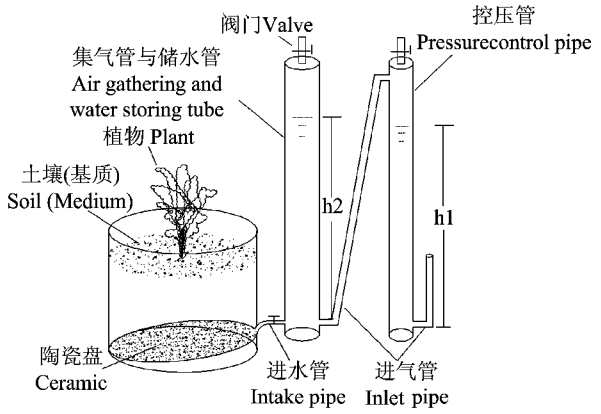

图 1　负水头供水控水盆栽装置示意图

Fig. 1　Sketch map of negative pressure water supplying and controlling pot device

1.3　测定项目与方法

栽培基质理化性质的测定参照《无土栽培学》试验指导方法[1]。

黄瓜产量采用称重累计法记录。干物质积累量在黄瓜拉秧后,取植株各部分器官烘干称重测定,生育期内摘除的老叶烘干一并计算在内。营养液消耗量的测定: 每天早晨从试验装置储水管的标尺上直接读取液位高度,当天的液位高度值减去前一天液位高度值即为前一天黄瓜植株总耗液高度,根据储水管内径换算出营养液日消耗量,总消耗量为日消耗量的累积值。黄瓜营养液利用效率根据各处理产量与营养液总消耗量进行计算。

黄瓜形态与品质指标的测定: 商品瓜率为(总瓜数-畸形、弯曲瓜数)/总瓜数; 取全生育期收获的商品瓜条,直尺测量瓜条长,游标卡尺测定直径,排水法测定比重,取平均值。取不同生育时期各处理相同果位的果实粉碎混匀供品质测定用。果实硝酸盐含量采用紫外分光光度法; 单宁含量采用高锰酸钾滴定法; 维生素 C 含量采用 2,4—二硝基苯肼比色法; 游离氨基酸含量采用水合茚三酮比色法; 可溶性固形物采用 ATAGO -P32(Japan)手持折射仪测定; 可溶性蛋白采用考马斯亮蓝 G—250 法; 可溶性糖与还原糖采用蒽酮比色法; 有机酸采用碱滴定法测定[10]。

1.4　数据处理

试验数据采用 DPS v7.55 与 Excel 2003 软件进行统计分析与作图,通过 LSD 多重比较法进行差异显著性检验。

2　结果与分析

2.1　不同营养液浓度对黄瓜产量、干物质积累及营养液利用效率的影响

从表 1 可以看出,常规浇灌 1S (CK)处理产量、地上部干重与营养液消耗量显著低于盆栽装置供液 1S 处理,其中 1S 处理产量比 1S (CK)处理产量提高了 62.9%,但根系干重与营养液生产率差异不明显。盆栽装置供液处理中,黄瓜产量与地上部干重随营养液浓度的上升而上升,但 1S 和 1¼S 处理间产量无显著差异, 1¼S 处理地上部干重显著高于其它处理; 各处理根系干重随营养液浓度的增加呈抛物线变化,1S 处理下根系干重最大,1/2S 处理的黄瓜根系干重最低,其它三处理无显著差异,但各处理根冠比无显著差异。盆栽装置供液处理中,黄瓜植株的营养液消耗量随营养液浓度的增加呈上升趋势,但不同处理的营养液生产率无显著差异。

表 1　不同营养液浓度对黄瓜产量、干物质积累及营养液利用效率的影响

Table 1　Yield, dry mass weight and nutrient use efficiency of cucumber under different treatments

处理 Treatment	总产量 Yield (kg/pot)	地上部干重 Shoot dry wt. (g/pot)	根系干重 Root dry wt. (g/pot)	根冠比 R/S	营养液消耗量 NS use (kg/pot)	营养液生产率 NS use efficiency (kg/m^3)
1/2S	0.60 ±0.12 b	29.45 ±4.55 c	0.88 ±0.14 b	0.030 a	24.67 ±2.91 c	24.36 ±3.09 a
3/4S	0.90 ±0.23 ab	35.67 ±3.50 b	1.31 ±0.03 ab	0.037 a	32.26 ±1.43 b	28.00 ±4.26 a
1 S	0.95 ±0.27 a	38.15 ±1.09 b	1.96 ±0.36 a	0.051 a	35.48 ±2.62 a	26.86 ±7.63 a
1¼S	1.11 ±0.08 a	43.62 ±1.17 a	1.56 ±0.21 ab	0.036 a	36.07 ±2.18 a	30.80 ±2.55 a
1S (CK)	0.59 ±0.19 b	30.99 ±0.95 c	1.36 ±0.52 ab	0.044 a	21.25 d	27.53 ±8.71 a

注(Note): NS— Nutrient solution; R/S—Root/Shoot. 同列数值后不同字母表示差异达5% 显著水平 Values followed by different letters in the same column indicate significant at the 5% level.

图2显示,各处理黄瓜植株叶片干重占总生物量积累量的比重最高,其次是茎秆。常规浇灌1S(CK)处理叶片干重显著低于盆栽装置供液1S处理,叶柄与茎杆干重差异不显著。盆栽装置供液处理中,叶片干重随营养液浓度的增加而增加,1¼S处理明显较高,而各处理茎秆与叶柄干重无显著差异。

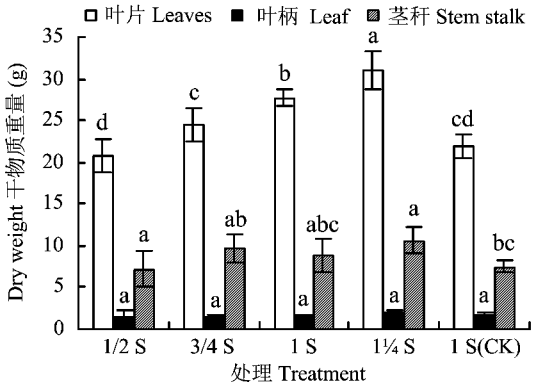

图2 不同营养液浓度对黄瓜不同器官干物质量的影响

Fig. 2 Dry weights of organs of cucumber under different treatments

[注(Note):图中的不同字母表示处理间差异达5%显著水平 Different letters above the bars indicate significant at the 5% level.]

2.2 不同营养液浓度对不同生育时期黄瓜果实形态指标的影响

从表2可以看出,不同营养液浓度及不同供液方式各处理的黄瓜果实直径、单果重、果实含水率、比重以及瓜条商品率都无显著差异,可能是这些指标主要是由黄瓜品种或者采收时果实成熟度所决定的。常规浇灌1S(CK)处理瓜条长度显著低于盆栽装置供液1S处理;而盆栽供液处理中瓜条长度随营养液浓度的增加呈抛物线变化趋势,3/4S与1S处理的瓜条长度显著较高,其它处理差异不明显。

表2 不同营养液浓度对黄瓜果实形态指标的影响

Table 2 Morphological indexes of cucumber fruits under different treatments

处理 Treatment	瓜条长 Fruit length (cm)	直径 Diameter (mm)	单果重 Fruit weight (g/fruit)	果实含水率 Fruit water content (%)	比重 Specific gravity (g/cm^3)	瓜条商品率 Fruits marketable rate (%)
1/2S	13.03±1.18 b	2.85±0.34 a	70.46±6.57 a	95.88±0.67 a	1.03±0.06 a	93.75±12.5 a
3/4S	13.91±1.35 a	2.87±0.28 a	74.04±7.83 a	96.01±0.34 a	1.05±0.11 a	97.73±4.55 a
1S	13.92±1.09 a	2.84±0.36 a	74.97±8.93 a	96.15±0.12 a	1.01±0.09 a	100 a
1¼S	13.04±1.28 b	2.84±0.29 a	75.00±5.3 a	96.12±0.71 a	1.06±0.04 a	94.45±7.36 a
1S(CK)	12.94±1.05 b	2.71±0.39 a	67.93±1.68 a	96.18±0.57 a	1.01±0.02 a	94.05±7.9 a

注(Note):同列数值后不同字母表示处理间差异达5%显著水平 Values followed by different letters in the same column indicate significant at the 5% level.

2.3 不同营养液浓度对不同采收期黄瓜果实品质指标的影响

2.3.1 对果实硝酸盐和单宁含量的影响 从表3可以看出,常规浇灌1S(CK)处理采收初期果实硝酸盐含量显著高于采收中期与采收末期,而采收中期与采收初期果实单宁含量较高;1S(CK)处理采收中期黄瓜果实硝酸盐含量与采收初期果实单宁含量显著高于相同时期盆栽装置供液1S处理,而其它时期差异不明显。盆栽装置供营养液各处理采收中期果实硝酸盐含量高于其它两个时期,各处理采收初期果实硝酸盐含量随营养液浓度的增加而增加,1¼S处理明显较高,1/2S显著较低,其它两个采收时期硝酸盐含量差异不明显;盆栽装置供液各处理不同采收时期的果实单宁含量差异都未达到显著水平。

2.3.2 对果实维生素C与游离氨基酸含量的影响 从表4可以看出,常规浇灌1S(CK)处理采收中期果实维生素C含量显著高于采收末期与采收初期果实,采收末期与采收中期果实游离氨基酸含量要高于采收初期;1S(CK)处理采收初期果实维生素C与游离氨基酸含量显著低于相同时期盆栽装置供液1S处理,其它两个时期差异不明显。盆栽装置供液各处理采收中期果实维生素C含量明显高于其它两个采收时期,采收初期果实维生素C含量随营养液浓度的增加而增加,但1¼S处理显著较高,其它处理差异不明显,各处理采收中期与末期果实维生素C含量无显著差异。1S与1¼S处理采收初期果实游离氨基酸含量显著大于其它处理,采收中期1¼S处理也显著大于其它处理,采收末期果实游离氨基酸含量各处理差异不明显;1/2S、3/4S、1S处理采收末期果实游离氨基酸含量大于其它采收时期,而1¼S处理采收中期含量较高。

表 3　不同营养液浓度对不同采收时期黄瓜果实硝酸盐与单宁含量的影响(mg/kg)

Table 3　Nitrate and tannin contents in the fruits at different harvesting stage under different treatments

处理 Treatment	硝酸盐含量 Nitrate content			单宁含量 Tannin content		
	采收初期 Earlier stage	采收中期 Middle stage	采收末期 Terminal stage	采收初期 Earlier stage	采收中期 Middle stage	采收末期 Terminal stage
1/2S	176.6 ±7.57 c	254.1 ±21.95 b	198.7 a	520 ±30 b	570 ±20 a	580 a
3/4S	268.7 ±2.86 ab	317.2 ±14.54 ab	252.4 ±0.76 a	580 ±30 b	640 ±100 a	600 ±10 a
1S	230.9 ±3.74 ab	253.7 ±25.05 b	251.7 ±21.74 a	550 ±20 b	610 ±110 a	660 ±140 a
1¼S	315.6 ±17.83 a	314.1 ±28.74 ab	244.7 ±12.18 a	720 ±18 ab	680 ±160 a	570 ±10 a
1S(CK)	384.8 ±10.40 a	360.5 ±15.29 a	281.8 ±10.87 a	850 ±60 a	808 ±290 a	530 ±10 a

注(Note): 同列数值后不同字母表示处理间差异达5%显著水平 Values followed by different letters in the same column indicate significant at the 5% level.

表 4　不同营养液浓度对不同采收时期黄瓜果实维生素 C 与游离氨基酸含量的影响(mg/kg)

Table 4　Vitamin C and free amino acid contents in the fruits at different harvesting stage under different treatments

处理 Treatment	维生素 C Vitamin C			游离氨基酸 Free amino acids		
	采收初期 Earlier stage	采收中期 Middle stage	采收末期 Terminal stage	采收初期 Earlier stage	采收中期 Middle stage	采收末期 Terminal stage
1/2S	65.69 ±11.56 b	98.18 ±0.69 a	69.36 a	1014.8 ±75.7 b	939.4 ±219 b	1280.4 a
3/4S	77.11 ±3.56 b	90.33 ±2.36 a	78.15 ±12.4 a	647.3 ±28.6 c	1039.8 ±145 ab	1197.7 ±7.6 a
1S	65.82 ±8.74 b	102.7 ±5.20 a	69.07 ±14.7 a	1285.4 ±37.4 a	1174.4 ±251 ab	1598.9 ±217 a
1¼S	99.85 ±3.05 a	92.93 a	72.36 ±0.52 a	1426.7 ±178 a	1575.4 ±287 a	1323.3 ±122 a
1S(CK)	45.13 ±5.01 c	95.83 ±5.42 a	63.81 ±18.8 a	914.6 ±104 b	1162.3 ±153 ab	1171.5 ±109 a

注(Note): 同列数值后不同字母表示处理间差异达5%显著水平 Values followed by different letters in the same column indicate significant at 5% level.

2.3.3　对果实可溶性蛋白与可溶性固形物含量的影响　表 5 看出,常规浇灌 1S (CK)处理不同采收时期果实可溶性固形物与可溶性蛋白含量与相同时期盆栽装置供液 1S 处理差异不显著,1S (CK)处理采收中期与采收末期果实可溶性固形物含量较高,采收末期果实可溶性蛋白含量较高。盆栽装置供液各处理采收初期与采收中期果实可溶性固形物含量无显著差异,采收末期除 3/4S 处理显著较低外,其它处理差异不显著; 各处理采收初期与中期果实可溶性蛋白随营养液浓度的增加而增加,1¼S 处理显著较高,而采收末期各处理果实可溶性蛋白含量无显著差异。

表 5　不同营养液浓度对不同采收时期黄瓜果实可溶性固形物与可溶性蛋白含量的影响(g/kg)

Table 5　Soluble solids and soluble protein contents in the fruits at different harvesting stage under different treatments

处理 Treatment	可溶性固形物 Soluble solids			可溶性蛋白 Soluble protein		
	采收初期 Earlier stage	采收中期 Middle stage	采收末期 Terminal stage	采收初期 Earlier stage	采收中期 Middle stage	采收末期 Terminal stage
1/2S	33.4 ±3.5 a	35.7 ±4.0 a	39.5 ±5.0 a	1.72 ±0.13 b	0.97 ±0.08 b	4.08 a
3/4S	31.3 ±3.0 a	37.8 ±6.6 a	29.0 ±3.9 b	1.59 ±0.19 b	1.31 ±0.27 b	4.14 ±0.34 a
1S	34.6 ±6.6 a	35.6 ±4.9 a	41.2 ±5.9 a	2.52 ±0.46 ab	1.88 ±0.58 ab	4.48 ±0.60 a
1¼S	33.3 ±5.8 a	41.1 ±4.5 a	34.0 ±1.4 ab	2.94 ±0.65 a	2.88 ±1.05 a	4.08 ±0.29 a
1S(CK)	29.8 ±3.4 a	40.0 ±9.4 a	39.0 ±3.2 a	1.71 ±0.41 b	2.43 ±0.38 ab	4.48 ±0.20 a

注(Note): 同列数值后不同字母表示处理间差异达5%显著水平 Values followed by different letters in the same column indicate significant at the 5% level.

2.3.4 对果实可溶性糖与有机酸含量的影响 表6显示,常规浇灌1S(CK)处理不同采收时期果实可溶性糖和有机酸含量与相同时期盆栽装置供液1S处理差异都未达到显著水平。盆栽装置供液各处理不同采收时期果实可溶性糖含量无显著差异,各处理采收中期与末期果实可溶性糖含量均大于采收初期果实。1S处理采收初期果实的有机酸含量显著低于相同采收时期其它处理;而采收中期,1/2S与3/4S处理的果实有机酸含量显著较高,采收末期1S处理的果实有机酸含量显著较高,1/2S处理的显著较低,而其它各处理差异不显著。

表6 不同营养液浓度对不同采收时期黄瓜果实可溶性糖与有机酸含量的影响(%)

Table 6 Soluble sugar and organic acid contents in the fruits at different harvesting stage under different treatments

处理 Treatment	可溶性糖 Soluble sugar content			有机酸 Organic acid content		
	采收初期 Earlier stage	采收中期 Middle stage	采收末期 Terminal stage	采收初期 Earlier stage	采收中期 Middle stage	采收末期 Terminal stage
1/2S	0.84±0.38 a	0.98±0.03 a	1.20 a	1.05±0.02 a	0.97±0.07 a	0.82 b
3/4S	0.90±0.29 a	1.12±0.09 a	1.03±0.05 a	0.98±0.01 a	1.01±0.04 a	0.94±0.07 ab
1S	0.92±0.26 a	1.12±0.23 a	1.08±0.28 a	0.80±0.12 b	0.88±0.09 ab	1.14±0.13 a
1¼S	0.94±0.26 a	1.05±0.14 a	1.22±0.02 a	1.03±0.04 a	0.90±0.04 ab	0.89±0.05 ab
1S(CK)	0.93±0.08 a	1.18±0.49 a	1.04±0.36 a	0.89±0.06 ab	0.77±0.10 b	0.93±0.05 ab

注(Note):同列数值后不同字母表示处理间差异达5%显著水平 Values followed by different letters in the same column indicate significant at the 5% level.

2.3.5 不同处理黄瓜品质指标加权评分 为了分析需要,试验将黄瓜品质指标分为正指标与逆指标,其中正指标包括维生素C、游离氨基酸、可溶性固形物、可溶性蛋白、可溶性糖;逆指标包括硝酸盐、单宁、有机酸。试验设定上述8个指标对黄瓜整体营养品质指标的影响相同,即各指标权重系数都为0.125;实验假设各品质指标满分为10分,根据各处理间差异表示的不同字母进行打分,各品质指标得分值按各处理不同差异标注字母分为10分、6分与2分,其中正指标值显著较高的得分为10分,其次为6分,其次为2分,逆指标值显著较高的得分为2分,其次为6分,其次为10分,如各处理间显著差异字母一致时,按10分计。各处理打分并加权后的得分值见表7。由表7可以看出,常规浇灌1S(CK)处理采收初期与采收中期果实整体品质指标明显低于盆栽装置供液1S处理,但采收末期则高于1S处理。盆栽装置供液各处理中,果实整体指标采收初期的为1S处理较高,采收中期的1¼S处理较高,而采收末期是1/2S处理的较高。

表7 不同处理与不同采收时期黄瓜果实品质指标加权评分表

Table 7 Weighted score on quality of cucumber fruits under different harvesting stage and treatments

处理 Treatment	加权评分值 Weighted score		
	采收初期 Earlier stage	采收中期 Middle stage	采收末期 Terminal stage
1/2S	7	7	10
3/4S	6	7	8.5
1S	8.5	8.5	9
1¼S	7.5	9	9
1S(CK)	5	8	9.5

3 讨论

试验采用了一种硅藻土基质添加成分,前人已有试验证明硅藻土是一种优良的栽培介质,有着较高的保水保肥性与通气性[11-12],保证试验各处理黄瓜植株处于一个良好的栽培环境。前人研究表明,在一定范围内增加施肥能促进黄瓜地上部的生长、提高产量[13-14]。本试验结果表明,盆栽装置供营养液各处理地上部干重与产量都随着营养液浓度的增加而增加,但植株根系干重在1S处理下最高,说明较高的营养液浓度能提高植株的产量与地上部的生长,但不利于植株根系的生长[15]。盆栽装置供营养

液的 1S 处理产量、生物积累量均显著高于常规浇灌 1S(CK)的处理,其中产量提高了 62.9%,但是不同灌溉方式与不同营养液浓度处理的营养液生产效率差异不显著,这可能是在常规浇灌中,浇灌的营养液数量很难控制,浇之过少,不能满足植株生长的需求,过多又会对植株产生伤害; 而使用负水头供水控水盆栽装置供营养液能很好地解决这个问题,它主要取决于植株生长所需的水分量,而总供肥量则只与营养液浓度有关; 各处理营养液生产效率差异不显著可能是由于高浓度处理下黄瓜产量较高,而低浓度下黄瓜产量较低,植株生长与养分供应处于一个平衡的状态所致。

前人研究表明,在一定范围内提高施肥量能增加黄瓜可食部分比例,提高黄瓜的外观形态指标值[16]。本试验结果显示,3/4S 和 1S 处理的果实瓜条长度增加显著,而不同营养液浓度与供液方式对黄瓜果实单果重、直径、果实含水率以及比重无显著影响,这可能是由于这些指标值受品种与采收时期的影响更大所致[17]。试验表明,合理的营养液相对常规化肥能显著提高蔬菜的品质,适当提高营养液浓度能促进蔬菜果实内维生素 C、总糖和游离氨基酸含量的提高,改善黄瓜品质[18],但在较高的营养液浓度下,尤其是营养液中氮素浓度较高时,黄瓜果实中的可溶性蛋白、氨基酸、矿质元素反而会出现一定的下降,从而降低了黄瓜的品质[19]。在本试验中,各处理黄瓜整体品质随采收进程都有一定程度的提高,1S 营养液浓度下采收初期与采收中期黄瓜果实整体营养品质较高, 1/2S 较低营养液浓度下采收末期黄瓜果实整体品质较高,而在 1¼S 较高的营养液浓度下,采收中期与采收末期黄瓜整体品质较高,而前期品质较差。这可能是由于黄瓜前期营养液浓度过高而使氮素浓度过高,增加了前期果实的硝酸盐、单宁与有机酸的含量,降低了果实品质,而随着生育进程,黄瓜对养分的需求增加,较高的营养液浓度反而更易满足植株生长发育的需要,果实品质也有一定的提高[20]。试验结果同时表明,常规浇灌 1S(CK)处理采收初期与采收中期的果实整体品质指标均低于盆栽装置供液 1S 处理,但采收末期果实整体品质基本一致,这可能是由于黄瓜对养分的需求量是一个累积、缓慢增加的变化过程,而在常规浇灌为定时浇灌,浇灌后基质离子浓度达到峰值,势必造成氮素浓度的增加,使得果实硝酸盐的含量也显著增加[21],因而导致果实整体品质较差。

综上,1S 的山崎营养液浓度下黄瓜干物质积累、产量与整体品质较高,较适合温室黄瓜的生长; 采用负水头供水控水盆栽装置直接供营养液效果较明显,栽培的黄瓜生长与产量以及整体品质指标均高于相同浓度的采收常规浇灌方式的处理,是一种值得推广的供液方式; 同时,适当降低前期营养液浓度,增加后期营养液浓度,可能会使黄瓜产量与品质得到进一步的提高。

参 考 文 献:

[1] 郭世荣. 无土栽培学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003, 77-132, 423-425.
Guo S R. Soilless cultivation studies [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2003, 77-132, 423-425.

[2] 杨旭. 黄瓜无土栽培结果期营养液配方的研究[D]. 陕西, 杨陵: 西北农林科技大学硕士学位论文, 2003.
Yang X. Study on nutrient solution formula for cucumber during fruit-bearing stages in soilless Culture [D]. Shannxi, Yangling: Ms thesis, Northwest A & F University, 2003.

[3] Geralldson C M. Ionic stability of the root environment for intensive production of vegetable crops[J]. Acta Hortic., 1984, 145: 81-87.

[4] Daskalaki A, Burrage S W. The effect of root zone temperature on the growth and root anatomy of cucumber[J]. Acta Hortic., 1997, 449: 569-574.

[5] 徐坤范, 李明玉, 艾希珍. 氮对日光温室黄瓜呈味物质、硝酸盐含量及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(5): 717-721.
Xu K F, Li M Y, Ai X Z. Effect of nitrogen on taste compounds, nitrate and yield of cucumber in solar greenhouse[J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2006, 12(5): 717-721.

[6] 万克江. 水分精确控制下小麦、黄瓜和菠菜若干生理指标的变化[D]. 北京: 中国农业大学硕士学位论文, 2005.
Wan K J. The dynamics of some physiological characteristics of wheat, cucumber and spinach under water precision controlled [D]. Beijing: Ms thesis, China Agricultural University, 2005.

[7] 耿伟, 薛绪掌, 王志敏. 不同供水吸力下豆角若干生理指标的变化[J]. 中国农学通报, 2006, 22(5): 206-210.
Geng W, Xue X Z, Wang Z M. Changes of some physiological indices in common bean under water supply tension[J]. Chin. Agric. Sci. Bull. 2006, 22(5): 206-210.

[8] 李邵, 薛绪掌, 郭文善, 等. 水肥耦合对温室盆栽黄瓜产量与水分利用效率的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(2): 376-381.
Li S, Xue X Z, Guo W S *et al*. Effects of water and fertilizer coupling on yield and water use efficiency in greenhouse potted cucumber[J]. Plant Nutr. Fert. Sci.. 2010, 16(2): 376-381.

[9] 李邵, 薛绪掌, 郭文善, 等. 供水吸力对温室黄瓜产量与水分利用效率的影响[J]. 中国农业科学, 2010, 43(2): 337-345.
Li S, Xue X Z, Guo W S *et al*. Effects of water supply tension on

yield and water use efficiency of greenhouse cucumber[J]. Sci. Agric. Sin.. 2010, 43(2): 337-345.

[10] 郑炳松. 现代植物生理生化研究技术[M]. 北京: 气象出版社, 2006.
Zheng B S. Research techniques in contemporary plant physiology and biochemistry [M]. Beijing: Meteorology Press, 2006.

[11] Ivanov Sé, Belyakov A V. Diatomite and its applications[J]. Glass Ceramics, 2008, 65(1-2): 48-51.

[12] 李邵, 薛绪掌, 郭文善, 等. 硅藻土基质配方对盆栽观赏辣椒生长的影响[J]. 北方园艺, 2008, (11): 1-4.
Li S, Xue X Z, Guo W S *et al*. Influences of diatomite medium proportion on vegetative growth of pot Capsicum annuum[J]. Northern Hortic., 2008, (11): 1-4.

[13] Hill T R. The effect of nitrogenous fertilizer and plant spacing on the yield of three Chinese vegetables-Kailan, Tsoi sum and Pak choi[J]. Sci. Hortic., 1990, 45(1-2): 11-20.

[14] Gan Yinbo, Mark B P, Benjavan R. The effect of N fertilizer strategy on N_2 fixation, growth and yield of vegetable soybean [J]. Field Crops Res., 1997, 51(3): 221-229.

[15] 张振贤. 蔬菜栽培学—面向21世纪课程教材[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2003.
Zhang Z X. Vegetable cultivation—a series curriculum textbook for 21 century[M]. Beijing: China Agriculture University Press, 2003.

[16] 王柳, 张福墁, 魏秀菊. 不同氮肥水平对日光温室黄瓜品质和产量的影响[J]. 农业工程学报, 2007, 23(12): 225-229.
Wang L, Zhang F M, Wei X J. Effects of different nitrogen fertilization levels on quality and yield of cucumber cultivated in solar greenhouse[J]. Trans. Chin. Soc. Agric. Eng., 2007, 23(12): 225-229.

[17] Marcelis L F M. Fruit growth and biomass allocation to the fruits in cucumber. 1. Effect of fruit load and temperature[J]. Sci. Hortic., 1993, 54(2): 107-121.

[18] 燕飞, 邹志荣, 董洁, 等. 不同施肥处理对大棚黄瓜产量和品质的影响[J]. 西北农业学报, 2009, 18(5): 272-275; 289.
Yan F, Zou Z R, Dong J *et al*. Effects of different fertilization treatment on yield and quality of cucumber in plastics greenhouse [J]. Acta Agric. Bor-Occid. Sin., 2009, 18(5): 272-275; 289.

[19] 周艺敏, 程奕, 孟昭芳, 等. 不同营养液及基质对黄瓜产量和品质的影响[J]. 华北农学报, 2002, 17(1): 82-87.
Zhou Y M, Chen Y, Meng Z F *et al*. Effects of different nutrient liquids and substrates on cucumber yield and quality[J]. Acta Agric. Boreali-Sin., 2002, 17(1): 82-87.

[20] 刘玉梅, 于贤昌, 姜建辉. 不同施氮水平对嫁接和自根黄瓜品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(5): 706-710.
Liu Y M, Yu X C, Jiang J H. Effects of nitrogen fertilization on quality of self-rooted and grafted cucumber[J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 12(5): 706-710.

[21] Wang Z H, Li S X. Effects of N and P fertilization on plant growth and nitrate accumulation in vegetables[J]. J. Plant Nutr., 2004, 27(3): 539-556.