

无基质营养液育苗的营养液浓度对黄瓜幼苗生长的影响

任瑞珍¹ 武占会² 陈海丽² 于平彬² 吴震¹ 刘明池^{2*}

(¹南京农业大学园艺学院, 江苏南京 210095; ²北京市农林科学院蔬菜研究中心, 北京 100097)

摘要: 采用无基质营养液培育黄瓜幼苗, 研究不同营养液浓度对黄瓜幼苗生长的影响。结果表明: 低浓度 (0.5 倍和 1.0 倍全价营养液) 处理下, 黄瓜幼苗低矮、细弱、生物量低、抗性弱、根体积小、壮苗指数低, 这与低浓度营养供应不足进而减慢生长发育进程有关; 高浓度 (2.0 倍) 条件下, 幼苗前期生长受到抑制, 由于幼苗后期胁迫作用未消除, 虽然生长有所加快, 但幼苗健壮度较低; 1.5 倍营养液处理显著促进了幼苗的生长, 有效地提高了幼苗的生物量、壮苗指数和根系活力, 较好地协调了幼苗的生长速率和抗性, 胁迫作用不明显, 促进作用大于胁迫作用。因此, 在黄瓜无基质营养液育苗条件下, 1.5 倍全价营养液为最适浓度。

关键词: 无基质营养液育苗; 营养液浓度; 黄瓜幼苗; 生长

中图分类号: S642.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-6346 (2012) 20-0049-07

Effects of Different Nutrition Solution Concentrations on Cucumber Seedling Growth under Seedling Culture without Substrate Nutrient Solution

REN Rui-zhen¹, WU Zhan-hui², CHEN Hai-li², YU Ping-bin², WU Zhen¹, LIU Ming-chi^{2*}

(¹College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, Jiangsu, China; ²Vegetable Research Center, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China)

Abstract: By seedling culture without substrate nutrient solution, this experiment studies the effects of different nutrition solution concentrations on the growth of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings. The results showed that the seedling had lower plant height, thinner stem diameter, lower biomass, weaker resistance to stress, smaller root volume and lower seedling index under lower concentration treatments (0.5 and 1.0 times nutrition solution), which were related to deficient nutrition supply under low concentrations, thus the growth and development of seedlings were slowed down. Under higher concentration (2.0 times nutrition solution) treatment, the seedling growth was inhibited during the earlier stage. While in the late stage, although the seedling growth speed was accelerated, its robust degree was still low, due to the un-eliminated stress. The treatment of 1.5 times nutrition solution had significantly promoted the seedling growth, effectively improved the seedling biomass, increased robust seedling index

收稿日期: 2012-03-06; 接受日期: 2012-04-30

基金项目: 国家大宗蔬菜产业技术体系专项 (CARS-25-G-01), 北京市科技计划项目 (D101105046510002), 北京市农林科学院科技创新能力建设专项 (KJCX201104005)

作者简介: 任瑞珍, 女, 硕士研究生, 专业方向: 蔬菜生理生态, E-mail: rrz8888@163.com

* 通讯作者 (Corresponding author): 刘明池, 男, 研究员, 硕士生导师, 专业方向: 蔬菜优质栽培生理, E-mail: liumingchi@nercv.org

and root activity, and had better coordination between seedling growth rate and resistance. Its promotion role was much bigger than stress effect. Therefore, 1.5 fold of nutrition solution is the optimal concentration for nutrient solution seedling culture without substrate.

Key words: Nutrient solution seedling culture without substrate; Nutrition solution concentration; Cucumber seedling; Growth

现代化工厂化育苗以基质育苗为主,存在草炭资源不可再生等问题(杨应祥,2010)。无基质营养液育苗作为一种新的育苗技术克服了传统穴盘基质育苗的这些问题,并有苗齐、苗壮、发育快等优点(刘明池等,2011)。营养液栽培在蔬菜、甘薯等作物成苗后的栽培体系已经很成熟(Resh,1978;李国景等,1997;何秋芳,1999;张玉娟等,2011),营养液浓度的研究也较多,但关于育苗研究的很少;育苗营养液浓度的研究大多是基于往基质中浇灌营养液(郭世荣,2003;陈淑芳和窦锟贤,2007)。由于无基质营养液育苗改变了传统穴盘育苗水分和养分的供给方式,幼苗根系完全处于营养液中,对营养液浓度的要求有别于传统浇灌。因此研究在无基质营养液育苗条件下营养液浓度对育苗生长发育的影响具有重要意义。由于黄瓜(*Cucumis sativus* L.)苗期生长发育快,对育苗环境条件和技术要求较高(刘思壮,2008),因此本试验以黄瓜为试材,研究无基质营养液育苗条件下不同营养液浓度对黄瓜幼苗生长发育的影响,以期筛选出最适宜的营养液浓度。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试黄瓜品种为中国农业科学院蔬菜花卉研究所选育的中农26号。试验于2011年9月29~10月31日在北京市农林科学院蔬菜研究中心连栋玻璃温室内进行。

1.2 试验方法

试验采用北京市农林科学院蔬菜研究中心新研发的营养液育苗系统。在育苗槽中注满营养液,采用50孔育苗盘,育苗盘底部不开孔,在侧面打4个小孔,育苗盘上覆盖专用播种纸,种子置于播种纸上,其上覆盖0.5 cm厚浸湿的珍珠岩,然后覆盖地膜至出苗。采用刘增鑫(1997)的黄瓜改良营养液配方为全价营养液(C), $\text{NO}_3^- \cdot \text{N}$ 为 $11.3 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{NH}_4^+ \cdot \text{N}$ 为 $0.3 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, PO_4^{3-} 为 $3.3 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, K^+ 为 $6.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, Ca^{2+} 为 $2.3 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, Mg^{2+} 为 $2.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。根据全倍量营养液C为基础设4个处理,分别为:0.5倍(0.5 C)、1.0倍(1.0 C)、1.5倍(1.5 C)和2.0倍(2.0 C)全价营养液浓度,各处理与根际EC值的相关性如图1所示,pH值用盐酸调节保持在6.4~7.5。每处理4次重复,随机排列。

1.3 测定项目

形态指标的测定:播种后第15、23、30天分别测量黄瓜幼苗株高(从根茎到茎生长点之间的距离)、茎粗、叶片数(真叶宽度 $>3 \text{ cm}$)、叶面积(叶面积 $=0.743 \times \text{叶长} \times \text{叶宽}$)(裴孝伯等,2005)、根体积(排水法)。苗期结束时用去离子水将植株冲洗干净,吸干表面水分,分别测定地上部和地下部鲜质量,然后 $105 \text{ }^\circ\text{C}$ 杀青 15 min , $75 \text{ }^\circ\text{C}$ 烘至恒质量,测定地上部和地下部干质量。

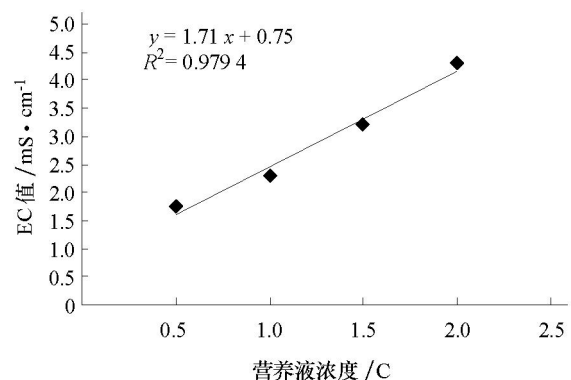


图1 营养液浓度与根际EC值的相关性

生理生化指标的测定: 在 10 月 31 日苗期结束时分别测定叶片自由水和束缚水含量(称重法)(刘向莉等, 2005)、根系活力(氯化三苯基四氮唑法)、丙二醛含量(硫代巴比妥酸比色法)(李合生, 2000)。

质量指标: 在 10 月 31 日苗期结束时测定秧苗壮苗指数和根冠比, 壮苗指数按张振贤等(1993)的方法测定, 根冠比(R/T)用干质量比表示($R/T = \text{植株地下部干质量} / \text{植株地上部干质量}$)。

1.4 数据处理

试验数据采用 Excel 和 SAS 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同营养液浓度对黄瓜幼苗表观生长指标的影响

由图 2-a 可以看出, 整个育苗期黄瓜幼苗株高随着营养液浓度的增加呈先升高后下降的趋势, 1.5 C 处理的显著高于其他处理。播种后第 15 天, 各处理间株高存在显著差异, 1.5 C 处理最高为 14.77 cm, 比最低 0.5 C 处理高了 29.91%; 播种后第 23 天, 1.5 C 处理最大为 21.58 cm, 1.0 C 处理和 2.0 C 处理之间株高无差异, 但均显著高于 0.5 C 处理; 播种后第 30 天, 各处理之间株高差异显著, 处理间大小顺序为: 1.5 C > 2.0 C > 1.0 C > 0.5 C。4 个浓度处理的株高播种后 15~23 d 平均日增长量分别为 0.36、0.80、0.97 和 0.93 $\text{cm} \cdot \text{d}^{-1}$, 播种后 23~30 d 平均日增长量分别为 1.08、1.02、1.29 和 1.34 $\text{cm} \cdot \text{d}^{-1}$ 。

由图 2-b 可以看出, 整个育苗期黄瓜幼苗茎粗随着营养液浓度的增加呈先增加后降低的趋势, 1.5 C 处理的茎粗最粗。播种后第 15 天, 1.5 C 处理的茎粗与 1.0 C 处理无显著差异, 均显著大于其他处理; 播种后第 23 天, 1.5 C 处理与 1.0 C、2.0 C 处理的茎粗差异不显著, 比最细的 0.5 C 处理显著粗 13.98%; 播种后第 30 天, 1.5 C 处理的茎粗与 1.0 C 处理和 2.0 C 处理差异均不显著, 比 0.5 C 处理显著粗 14.92%。4 个浓度处理的茎粗播种后 15~23 d 平均日增长量分别为 0.15、0.15、0.15 和 0.19 $\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$, 播种后 23~30 d 平均日增长量分别为 0.04、0.04、0.06 和 0.07 $\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 。

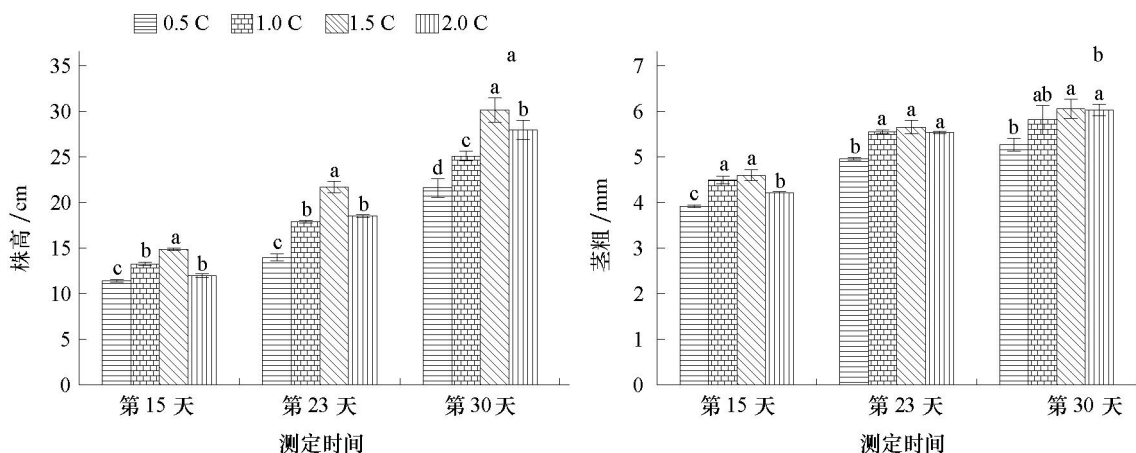


图 2 不同营养液浓度对黄瓜幼苗株高和茎粗的影响

图柱上不同小写字母表示差异显著 ($\alpha = 0.05$); 下图同。

由图 3-a 可以看出, 整个育苗期不同营养液浓度处理对黄瓜幼苗的叶片数无影响。

由图 3-b 可以看出, 播种后第 15 天和第 23 天黄瓜幼苗叶面积随着营养液浓度的增加呈先

增加后降低的趋势, 1.5 C 处理的叶面积显著高于其他处理, 分别为 41.52 和 127.02 cm²; 播种后第 30 天黄瓜幼苗叶面积与营养液浓度呈正相关增长, 2.0 C 处理的叶面积最大, 为 231.64 cm², 与 1.5 C 处理差异不显著, 但显著高于其他处理。4 个浓度处理的叶面积在播种后 15~23 d 平均日增长量分别为 7.03、9.44、12.21 和 10.17 cm²·d⁻¹; 播种后 23~30 d 平均日增长量分别为 8.74、11.04、14.03 和 18.31 cm²·d⁻¹。

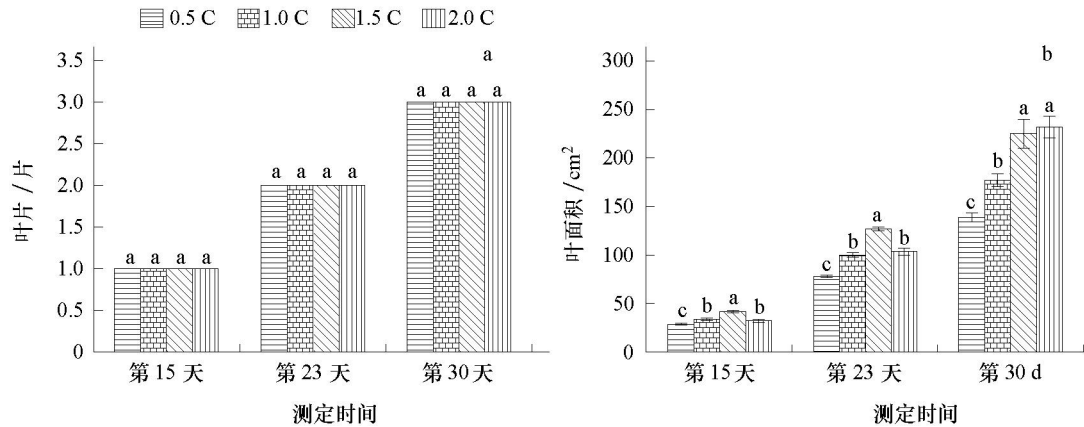


图 3 不同营养液浓度对黄瓜幼苗叶片数和叶面积的影响

2.2 不同营养液浓度对黄瓜幼苗地上部生物量、地下部生物量和壮苗指数的影响

随着营养液浓度的升高黄瓜幼苗生物积累量和壮苗指数均呈先升高后下降的趋势, 1.5 C 处理均为最大(表 1)。1.5 C 处理的地上部干、鲜质量显著高于 0.5 C 处理和 1.0 C 处理, 与 2.0 C 处理差异不显著; 从黄瓜幼苗的地下部干、鲜质量来看, 处理间大小顺序为: 1.5 C>2.0 C>0.5 C>1.0 C, 1.0 C 处理与 0.5 C 处理间差异不显著, 其他处理间差异均显著; 黄瓜幼苗的壮苗指数大小顺序为: 1.5 C>2.0 C>1.0 C>0.5 C, 1.5 C 处理的壮苗指数最高, 为 0.022 7, 除显著高于 0.5 C 处理外, 与 1.0 C 处理和 2.0 C 处理差异不显著。

表 1 不同营养液浓度对黄瓜幼苗地上部生物量、地下部生物量和壮苗指数的影响

处理	地上部鲜质量/g·株 ⁻¹	地上部干质量/g·株 ⁻¹	地下部鲜质量/g·株 ⁻¹	地下部干质量/g·株 ⁻¹	壮苗指数
0.5 C	8.806 ± 1.145 c	0.608 ± 0.071 b	2.460 ± 0.108 c	0.118 ± 0.013 bc	0.018 2 ± 0.001 8 b
1.0 C	11.533 ± 0.535 b	0.730 ± 0.043 b	2.447 ± 0.131 c	0.112 ± 0.006 c	0.019 0 ± 0.001 2 ab
1.5 C	13.997 ± 0.694 a	0.938 ± 0.052 a	3.915 ± 0.110 a	0.185 ± 0.008 a	0.022 7 ± 0.002 4 a
2.0 C	12.528 ± 0.807 ab	0.867 ± 0.101 a	3.032 ± 0.133 b	0.132 ± 0.008 b	0.021 6 ± 0.001 7 ab

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。

2.3 不同营养液浓度对黄瓜幼苗根体积和根系活力的影响

根系是植物生长发育的重要器官, 具有活跃的吸收和合成作用, 也是植物对环境因子反应敏感的器官, 对整个植株的生命活动有着非常重要的影响(李德华等, 2004)。根体积和根系活力大小反映了根系生长和代谢能力的强弱。由图 4 可知, 随着营养液浓度的升高, 黄瓜幼苗的根体积发展趋势为先上升后下降。1.5 C 处理的根体积最大, 为 4.25 cm³, 较 0.5 C、1.0 C 处理和 2.0 C 处理分别显著增大了 64.50%、57.40% 和 34.20%。一定的营养液浓度显著提高了黄瓜幼苗的根系活力, 但当浓度高于 1.5 倍时, 幼苗根系活力有所降低。1.5 C 处理的根系活力最大, 为 48.00 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$, 与 2.0 C 处理差异不显著, 比 0.5 C 处理和 1.0 C 处理分别显著提高了 702.72% 和 170.38%。

2.4 不同营养液浓度对黄瓜幼苗叶片含水量的影响

由表 2 可知, 随着营养液浓度的增加黄瓜幼苗叶片含水量有先增加后降低的趋势, 1.5 C 处

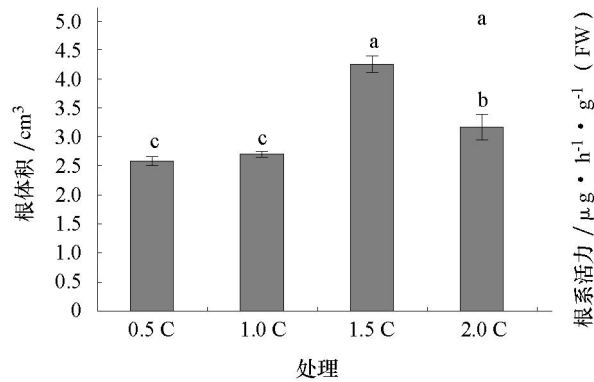


图4 不同营养液浓度对黄瓜幼苗根体积和根系活力的影响

表2 不同营养液浓度对黄瓜幼苗叶片含水量的影响

处 理	含水量/%	自由水/%	束缚水/%	自由水/束缚水
0.5 C	87.72 ± 1.36	46.45 ± 1.49	41.27 ± 0.22	1.13 ± 0.03
1.0 C	87.91 ± 1.78	43.23 ± 1.60	44.68 ± 1.27	0.97 ± 0.01
1.5 C	93.14 ± 3.60	46.74 ± 1.64	46.41 ± 3.71	1.01 ± 0.05
2.0 C	90.18 ± 0.69	43.73 ± 2.66	46.45 ± 2.45	0.94 ± 0.02

理叶片含水量最大, 为 93.14%, 与 2.0 C 处理差异不显著, 较 0.5 C 处理和 1.0 C 处理显著提高了 6.18% 和 5.95%; 幼苗叶片自由水/束缚水比值随着营养液浓度的提高呈下降趋势, 1.5 C 处理的自由水/束缚水显著低于 0.5 C 处理, 与 1.0 C 处理差异不显著, 但显著高于 2.0 C 处理。叶片含水量与生长速率呈正相关 (Kleinendorst & Boruwer, 1970), 1.5 C 处理叶片含水量最高, 表明 1.5 C 处理的生长速率最大。自由水/束缚水比值高时, 植物代谢旺盛, 生长较快, 抗逆性弱; 反之, 生长迟缓, 但抗逆性强 (王忠, 2000)。1.0 C 处理和 1.5 C 处理的自由水/束缚水比值处于中间, 较好地调节了植物的生长和抗性。因此综合来看, 1.5 C 处理的植物生长速率和抗性表现相对较合理。

2.5 不同营养液浓度对黄瓜幼苗根系丙二醛含量的影响

植物受到胁迫时, 丙二醛含量迅速增加, 最终导致膜透性增加 (王忠, 2000; 徐玉伟等, 2010)。由图 5 可以看出, 黄瓜幼苗根系的丙二醛含量—营养液浓度 (MDA-C) 响应曲线变化呈二次曲线关系, 黄瓜幼苗根系的丙二醛含量在 1.0 C 处理和 1.5 C 处理中间时取得最小值。0.5 C 处理 MDA 含量表现相对较高, 可能是由于营养液中养分不足, 幼苗生长较弱, 抗性较弱, 容易受到其他环境因素的影响, 此推论有待进一步证实; 当浓度超过 1.5 倍时, 高浓度盐分对幼苗产生胁迫作用, MDA 含量呈直线上升趋势。

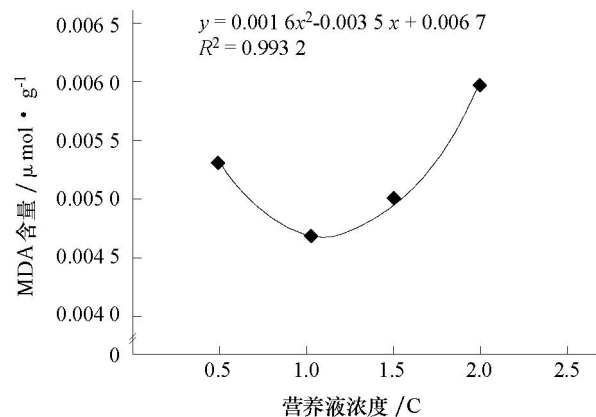


图5 黄瓜幼苗根系丙二醛含量—营养液浓度的响应曲线

3 结论与讨论

3.1 不同营养液浓度对黄瓜幼苗生长的影响

栽培介质中的养分含量直接影响植物对养分的吸收及其生长发育过程。本试验在无基质营养液育苗条件下研究了不同营养液浓度对黄瓜幼苗生长的影响, 发现在 0.5 倍和 1.0 倍营养液条件下, 黄瓜幼苗生长较慢, 表现在株高较低、茎粗较细、生物量 (地上部鲜质量、干质量, 地下部鲜质量、干质量) 较小、根系生长较慢和壮苗指数较小, 说明低浓度营养液由于营养供应不足, 幼苗生长发育相对较慢; 在 2.0 倍条件下, 由于高浓度对幼苗前期的抑制作用, 整个育苗期幼苗株高、茎粗、根体积、生物量均小于 1.5 倍处理, 虽然后期高浓度营养对幼苗生长产

生促进作用, 幼苗生长量有所提高, 但是幼苗根系 MDA 含量较高, 胁迫作用并没有消除, 壮苗指数仍低于 1.5 倍处理; 在 1.5 倍条件下, 幼苗表现为株高最高、茎粗最大、生物量最高、根系生长最好、壮苗指数最高, 根系 MDA 含量低于 0.5 倍处理和 2.0 倍处理, 说明一方面营养液供应养分充足, 加快了植株的生长, 干物质积累较多, 另一方面对幼苗的胁迫作用不明显。

3.2 不同营养液浓度对黄瓜幼苗生长速率和抗性的影响

叶片含水量和自由水/束缚水的比值反应了幼苗的代谢活性和抗逆性 (Kleinendorst & Boruwer, 1970), 本试验中, 黄瓜幼苗的叶片含水量随着营养液浓度的提高呈先增加后下降的趋势, 1.5 倍处理最高, 表明 1.5 倍处理幼苗的生长速率最大, 当超过 1.5 倍时, 高营养液浓度对幼苗生长产生抑制。自由水/束缚水的比值反应了植株生长速率和抗性之间的关系, 本试验中, 幼苗自由水/束缚水的比值随着营养液浓度的提高呈降低的趋势, 1.0 倍处理和 1.5 倍处理的自由水/束缚水比值处于中间, 较好得调节了植物的生长速率和抗性。因此综合来看, 1.5 倍处理兼顾了植株的代谢速度和抗性, 相对较合理。

3.3 无基质营养液育苗营养液浓度高于传统浇灌浓度

无土栽培中植物生长所需营养来源于营养液, 栽培方式的不同对营养液浓度的要求也不同 (de Groot et al., 2001)。无基质栽培营养液浓度要高于基质栽培所需营养液浓度 (孟彩霞和王合理, 2010)。无基质营养液育苗作为一种新型的无土育苗方式, 使幼苗根系直接处于营养液中, 改变了传统育苗水分和养分的供给方式, 对营养液浓度的要求有别于基质育苗方式。基质养分含量主要通过 EC 值来表示, 其测定方法主要有 1:5 浸提、1:2 浸提、饱和浸提和淋洗法 (李谦盛等, 2004), 不同方法测得相同基质的 EC 值均不相同 (谢嘉霖等, 2006), 测定值只能表示不同基质间的相对比较, 并不能真实反映植株根系周围养分含量。传统向基质中浇灌营养液的方式, 由于基质本身所含养分、水分的流失和蒸发、基质吸附营养等原因, 植株根际养分含量远远高于所浇灌的营养液浓度 (尤秀娜等, 2009)。王加倩等 (2010) 研究发现黄瓜栽培最适浇灌的营养液浓度为 $2.5 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$, 而土壤的电导率却高达 $5.41 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ 。因此植株根系所需的最适营养液浓度并不是传统穴盘育苗研究中浇灌的浓度, 而是其根系周围养分含量。无基质营养液育苗, 幼苗根系一直处于一定浓度的营养液中, 根际环境中养分浓度比例稳定, 此时的营养浓度应该为幼苗根系所需养分浓度, 应该远远大于以往研究中给基质培中所浇灌的浓度。这个结论和本试验结果一致。

综上所述, 无基质营养液育苗低浓度 (0.5 倍和 1.0 倍营养液) 条件下, 由于可供吸收的营养有限, 营养缺乏导致幼苗生长发育进程减慢, 且抗性较低。高浓度 (2.0 倍) 条件下, 对幼苗前期生长产生抑制作用, 虽然后期生长有所加快, 但胁迫作用未消除, 幼苗健壮度较低。1.5 倍营养液处理较低浓度来看, 显著促进了幼苗的生长, 有效的提高了幼苗的生物量、壮苗指数和根系活力; 较高浓度来看, 对幼苗的胁迫作用不明显, 促进作用大于胁迫作用; 而且 1.5 倍处理下, 还很好的协调了幼苗的生长速率和抗性。因此, 在黄瓜无基质营养液育苗条件下, 采用 1.5 倍营养液浓度较合适。

参考文献

- 陈淑芳, 窦银贤. 2007. 不同营养液浓度对黄瓜幼苗生长的影响. 安徽农业科学, 35 (34): 11056-11057, 11064.
- 郭世荣. 2003. 无土栽培学. 北京: 中国农业出版社.
- 何秋芳. 1999. 水培技术在蔬菜生产上的应用效果. 广西农学报, 33 (2): 35-37.
- 李德华, 贺立源, 刘武定. 2004. 玉米根系活力与耐铝性的关系. 中国农学通报, 20 (1): 161-164.
- 李国景, 寿伟林, 严见方. 1997. 水培瓠瓜生长发育特性研究. 长江蔬菜, (8): 25-26.
- 李合生. 2000. 植物生理生化实验原理和技术. 北京: 高等教育出版社.
- 李谦盛, 郭世荣, 李式军. 2004. 基质 EC 值与作物生长的关系及其测定方法比较. 中国蔬菜, (1): 70-71.

- 刘明池, 武占会, 陈海丽, 齐敏. 2011. 营养液无基质育苗栽培系统及育苗方法. 中国: 201010240105.
- 刘思壮. 2008. 浅谈黄瓜苗期生长发育特性及育苗技术要点. 吉林蔬菜, (1): 27.
- 刘向莉, 高丽红, 刘明池. 2005. 植物组织中自由水和束缚水含量测定方法的改进. 中国蔬菜, (4): 9-11.
- 刘增鑫. 1997. 常见蔬菜无土栽培实用技术. 北京: 中国农业出版社.
- 孟彩霞, 王合理. 2010. 不同浓度营养液对樱桃番茄生长发育的影响. 塔里木大学学报, 22 (4): 1-5.
- 裴孝伯, 李世诚, 张福漫, 蔡润. 2005. 温室黄瓜叶面积计算及其与株高的相关性研究. 农业基础科学, 21 (8): 80-82.
- 王加倩, 吴震, 卜崇兴, 蒋芳玲, 尤秀娜. 2010. 营养液浓度对黄瓜产量、品质及土壤性状的影响. 上海农业学报, 26 (3): 31-35.
- 王忠. 2002. 植物生理学. 北京: 中国农业出版社.
- 谢嘉霖, 刘荣华, 叶启芳, 曹维凑, 徐秋华. 2006. 无土栽培基质电导率和 pH 值测定条件的研究. 安徽农业科学, 34 (3): 415-416.
- 徐玉伟, 郭世荣, 程玉静, 熊银锋, 黄海桃. 2010. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 对盐胁迫下黄瓜幼苗生长及膜质过氧化的影响. 中国蔬菜, (4): 14-18.
- 杨应祥. 2010. 蔬菜简易穴盘育苗存在的问题与对策. 西北园艺, (3): 4-5.
- 尤秀娜, 卜崇兴, 贾永霞, 郭世荣. 2009. 不同全价营养液浓度对次生盐碱地黄瓜高垄滴灌栽培的影响. 江西农业学报, 21 (7): 89-91.
- 张玉娟, 周全卢, 李育明, 何素兰, 王梅. 2011. 水培甘薯的光合研究. 中国农学通报, 27 (3): 112-115.
- 张振贤, 王培伦, 刘世琦. 1993. 蔬菜生理. 北京: 中国农业科学技术出版社.
- de Groot C C, Marcelis L F M, van Den Boogaard R, Lambers H. 2001. Growth and dry mass partitioning in tomato as affected by phosphorus nutrition and light. Plant, Cell and Environment, 24: 1309-1317.
- Kleinendorst A, Boruwer R. 1970. The effect of temperature of root medium and of the growing point of the shoot on growth, water content and sugar content of maize leaves. Neth J Agric Sci, 18: 140-148.
- Resh M. 1978. Hydroponic food production. California: Woodbridge Press Publishing Co.

欢迎订阅 2013 年《中国农业科学》

《中国农业科学》中、英文版由农业部主管、中国农业科学院主办。主要刊登农牧业基础科学和应用基础科学研究论文、综述、简报等。设有作物遗传育种·种质资源·分子遗传学; 耕作栽培·生理生化·农业信息技术; 植物保护; 土壤肥料·节水灌溉·农业生态环境; 园艺; 贮藏·保鲜·加工; 畜牧·资源昆虫; 兽医; 农业经济与管理等栏目。读者对象为国内外农业科研(所)、农业大专院校的科研、教学及管理人员。

《中国农业科学》中文版为半月刊, 影响因子、总被引频次连续多年居全国农业科技期刊前列。为北京大学图书馆 1992~2011 年连续 6 次遴选的核心期刊, 位居《中文核心期刊要目总览》“农业综合类核心期刊表”首位。1999 年起连续 10 年获“国家自然科学基金重点学术期刊专项基金”资助; 1999 年获“首届国家期刊奖”, 2003、2005 年获“第二、三届国家期刊奖提名奖”; 2002~2011 年先后 9 次被中信所授予“百种中国杰出学术期刊”称号; 2009 年获中国期刊协会/中国出版科学研究院“新中国 60 年有影响力的期刊”称号; 2010 年荣获“第二届中国出版政府奖期刊提名奖”。

《中国农业科学》英文版 (*Agricultural Sciences in China*) 2002 年创刊, 月刊, 2012 年更名为《农业科学学报》(*Journal of Integrative Agriculture*, JIA)。2006 年 1 月起与国际著名出版集团 Elsevier 合作, 全文数据在 ScienceDirect 平台面向世界发行。2009 年被 SCI 收录, 2012 年 JCR 影响因子为 0.449。

《中国农业科学》中文版大 16 开, 每月 1、16 日出版, 国内外公开发行, 每期 224 页, 定价 49.50 元, 全年 1 188.00 元, 国内统一刊号 CN11-1328/S, 国际标准刊号 ISSN 0578-1752, 邮发代号 2-138, 国外代号 BM43。英文版大 16 开, 每月 20 日出版, 国内外公开发行, 每期 160 页, 国内订价 80.00 元, 全年 960.00 元, 国内统一刊号 CN 10-1039/S, 国际标准刊号 ISSN 2095-3119, 邮发代号 2-851, 国外代号 1591M。中、英文版均可通过全国各地邮局订阅, 也可向编辑部直接订购。

地址: 北京市海淀区中关村南大街 12 号《中国农业科学》编辑部

电话: 010-82109808 82106280 82106281 82106282

网址: www.ChinaAgriSci.com

E-mail: zgnykx@mail.caas.net.cn

邮编: 100081

传真: 010-82106247

联系人: 林鉴非