

孔穴型式和营养液浓度对黄瓜潮汐式穴盘育苗效果的影响

台连丽 张志刚 李福凯 董春娟 尚庆茂*

(农业部园艺作物生物学与种质创制重点实验室, 中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 北京 100081)

摘要: 为了筛选出黄瓜潮汐式穴盘育苗最适孔穴型式和营养液浓度, 以黄瓜品种中农 18 号为试材, 采用两种类型穴盘 (常规、侧开口) 和 3 种浓度 ($\times 1$ 、 $\times 0.5$ 、 $\times 0.25$) 营养液进行潮汐育苗试验, 测定了幼苗矿质元素吸收积累量及表观形态指标等。结果表明: 随着营养液浓度逐步提高, 黄瓜幼苗矿质元素吸收积累量逐渐增加, N、P、K 的吸收积累量增幅达 102.6%~125.1%, 并促进了叶片叶绿素合成和幼苗株高、茎粗、单株叶面积、地上部干鲜质量等表观参数指标优化。此外, 常规穴盘育苗效果总体优于侧开口穴盘。最终, 以壮苗指数为主要参考指标, 筛选出最佳的孔穴型式与营养液浓度组合, 即采用常规穴盘并灌溉完全 Hoagland 营养液。

关键词: 黄瓜; 潮汐式; 穴盘育苗; 孔穴; 营养液

黄瓜是我国主栽蔬菜种类之一, 年种植面积约 117 万 hm^2 , 总产量达 5 436 万 t, 产值约 108 亿美元 (<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>), 生产上多采用育苗移栽方式。穴盘育苗, 以多孔连体式穴盘为育苗容器, 以人工混配轻型基质替代土壤, 显著提高了单位面积育苗量, 节约了能耗和劳动用工成本, 降低了苗期病虫害发生率, 且易于实现机械化操作 (尚庆茂, 2011)。黄瓜穴盘育苗量已占黄瓜总育苗量的 30%~40%。目前, 黄瓜穴盘育苗普遍采用人工或行走式悬臂顶部喷灌系统, 水分或营养液先经幼苗茎叶再进入根部基质, 不可避免地增加了幼苗茎叶和环境湿度, “雨伞效应”的存在也造成水、肥浪费等 (郝海平, 2014)。潮汐式穴盘育苗, 充分吸纳了潮汐式灌溉施肥与穴盘育苗的技术优势, 水分或营养液通过穴盘底部排水孔和

基质毛细管逐步抵达幼苗根际, 实现了水肥闭合循环利用和精准控制, 已被荷兰、日本等国家率先应用 (高艳明等, 2016)。近年来, 国内学者逐渐关注潮汐式育苗技术的研究开发, 并就潮汐式灌溉施肥技术参数、水肥利用效率、适宜的基质特性、恒温育苗床设备等进行了一些研究 (陈传翔等, 2014; 甘小虎等, 2014; 胡静等, 2015; 刘宏久, 2015; 赵颖雷和黄丹枫, 2016), 但与实践需求仍相距甚远, 本试验比较分析了不同孔穴型式、不同营养液浓度下黄瓜潮汐式育苗养分吸收积累和幼苗生长参数, 以期为我国黄瓜潮汐式育苗提供实践参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2015 年 3 月在中国农业科学院蔬菜花卉研究所玻璃温室内进行。供试黄瓜 (*Cucumis sativus* L.) 品种中农 18 号由中国农业科学院蔬菜花卉研究所选育。两种类型穴盘分别为常规 72 孔穴盘 (L 540 mm \times W 280 mm \times H 50 mm, 单穴容积 37 cm^3) 和侧开口 105 孔穴盘 (L 540 mm \times W 280 mm \times H 65 mm, 单穴容积 35 cm^3 , 孔穴四面具宽 1 mm、长 15 mm 的通气狭缝), 均购自浙江博仁工贸

台连丽, 女, 硕士研究生, 专业方向: 蔬菜种苗发育调控与繁育技术, E-mail: tailianli@163.com

* 通讯作者 (Corresponding author): 尚庆茂, 男, 研究员, 专业方向: 蔬菜栽培生理及分子生物学, E-mail: shangqingmao@caas.cn

收稿日期: 2016-04-11; 接受日期: 2016-10-21

基金项目: 现代农业产业技术体系专项 (CARS-25), 公益性行业 (农业) 科研专项 (201303014), 中国农业科学院科技创新工程蔬菜种苗发育调控与繁育技术创新团队项目

有限公司。

Hoagland 营养液配方: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 945 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, KNO_3 607 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 115 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 493 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, EDTA-2NaFe 30 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, H_3BO_3 2.86 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 2.13 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.22 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.08 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0.02 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 全部采用 AR 级化学试剂。营养液浓度设 3 水平: 基本配方作为 $\times 1$ 浓度水平, 稀释后分别获得 $\times 0.5$ 、 $\times 0.25$ 浓度水平。

育苗基质由草炭、蛭石、珍珠岩按 3:1:1 体积比混合而成。草炭采用品氏托普牌, 粒径 0~10 mm, pH 5.5, 总 N、P、K 含量分别为 96、48、160 $\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, 购自北京林大林业科技股份有限公司; 蛭石和珍珠岩全部采用园艺级(粒径 3~5 mm), 购自河北灵寿县汇鑫蛭石厂。

1.2 幼苗培养

挑选饱满的黄瓜种子, 先于室温下浸泡 6 h (种水体积比 1:8), 5% NaClO 种子表面消毒 10 min, 冲洗干净, 均匀摆放在直径 9 cm 的培养皿中, 28 $^{\circ}\text{C}$ 下催芽 24 h, 然后选萌发一致的种子分别播于装有混合基质的两种类型穴盘, 深 1.5 cm, 覆盖蛭石。播种后 8 d, 幼苗子叶平展, 开始潮汐式灌溉 Hoagland 营养液, 子叶平展至第 1 片真叶展开每 4 d 灌溉 1 次, 第 1 片真叶展开至第 2 片真叶展开每 3 d 灌溉 1 次, 第 2 片真叶展开后每 2 d 灌溉 1 次, 每次灌溉液面高度 2 cm, 存留时间 20 min。穴盘型式和营养液浓度共 6 个处理, 每处理 3 次重复, 每重复 3 个穴盘。

1.3 测定指标及方法

生长参数测定: 播种后 31 d, 用直尺测量幼苗茎基部至顶端生长点高度作为株高, 用游标卡

尺测量子叶节下方 1 cm 处直径作为茎粗, 用 MI-CROTEK 扫描仪测定幼苗根长、叶面积, 称重法测定幼苗鲜质量和干质量。计算根冠比和壮苗指数。

根冠比 = 地下部干质量 / 地上部干质量

壮苗指数 = 茎粗 / 株高 \times 全株干质量

叶绿素含量测定: 分别于播种后 16、31 d, 利用 SPAD-502 便携式叶绿素仪测第 1 片真叶和第 2 片真叶 SPAD 值。

矿质元素含量测定: 于播种后 31 d 取幼苗, 80 $^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重, 用凯氏定氮法测定 N 质量浓度, 用原子吸收分光光度法测定 P、K、Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn 质量浓度(中国土壤学会农业化学专业委员会, 1983), 然后计算幼苗矿质元素的吸收积累量(Ω)。

吸收积累量 = 养分含量 \times 全株干质量

1.4 数据处理

采用 SPSS (17.0)、Excel 2003 软件进行数据处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 孔穴型式和营养液浓度对黄瓜幼苗生长的影响

由表 1 可知, 无论常规 72 孔穴盘或侧开口 105 孔穴盘, 随着营养液浓度的提高, 黄瓜幼苗株高、茎粗、单株叶面积、地上部鲜质量和干质量呈逐渐增加的趋势, 且 $\times 1$ 浓度和 $\times 0.25$ 浓度相比表现出显著差异, 而根长、地下部鲜质量则受营养液浓度影响较小。此外, 相同营养液浓度下, 常规穴盘幼苗的茎粗、单株叶面积、根长、地上部干鲜质量和地下部干鲜质量均显著高于侧开口穴盘, 所以, 常规穴盘培育的幼苗总体优于侧开口穴盘培育的幼苗。参考壮苗指数, 筛选出最优的处理为常规穴盘灌溉 $\times 1$ 浓度水平营养液。

表 1 孔穴型式和营养液浓度对黄瓜幼苗形态指标的影响

孔穴型式	营养液浓度	株高/cm	茎粗/mm	单株叶面积/ cm^2	根长/cm	地上部		地下部		根冠比	壮苗指数
						鲜质量/g	干质量/g	鲜质量/g	干质量/g		
常规	$\times 1$	31.47 a	4.39 a	169.41 a	5.02 a	7.87 a	0.51 a	1.16 a	0.064 b	0.125 c	0.080 8 a
	$\times 0.5$	28.91 a	3.85 bc	124.14 b	5.39 a	5.67 b	0.40 b	1.21 a	0.074 a	0.184 ab	0.063 7 bc
	$\times 0.25$	25.08 b	3.69 cd	96.36 cd	5.25 a	4.66 c	0.40 b	1.21 a	0.071 a	0.178 b	0.069 8 ab
侧开口	$\times 1$	31.42 a	3.97 b	112.84 bc	3.77 b	6.06 b	0.37 b	0.90 b	0.047 d	0.128 c	0.053 3 cd
	$\times 0.5$	28.37 ab	3.61 d	85.42 de	4.05 b	4.56 c	0.31 c	0.99 b	0.058 c	0.186 ab	0.046 8 d
	$\times 0.25$	20.78 c	3.33 e	67.95 e	4.13 b	3.37 d	0.26 d	0.90 b	0.051 d	0.197 a	0.049 7 d

注: 表中数据为同一处理 3 次重复的平均值; 同列数据后不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$); 下表同。

2.2 孔穴型式和营养液浓度对黄瓜幼苗叶片叶绿素含量的影响

由图 1 可知, 在黄瓜幼苗生长的早期, 即播种后 16 d, 不同孔穴型式或不同营养液浓度处理之间叶片叶绿素含量未表现显著性差异。随着黄瓜幼苗生长发育, 至播种后 31 d, 高浓度营养液处理的叶片叶绿素含量高于低浓度营养液处理, 如 $\times 1$ 浓度与 $\times 0.25$ 浓度处理相比, 常规 72 孔穴盘培育的幼苗叶片叶绿素含量提高了 11.9%, 侧开口 105 孔穴盘培育的幼苗叶片叶绿素含量提高了 9.1%。同一营养液浓度下, 不同孔穴型式培育的幼苗叶片叶绿素含量之间的差异未达显著水平。说明影响黄瓜幼苗叶片叶绿素含量的主要因子是营养液浓度, 而非孔穴型式。

2.3 孔穴型式和营养液浓度对黄瓜幼苗矿质元素吸收积累的影响

由表 2 可知, 孔穴型式和营养液浓度改变了黄瓜幼苗矿质养分吸收积累状况。无论常规穴盘或侧开口穴盘, 随着营养液浓度提高, N、P、K、Ca、

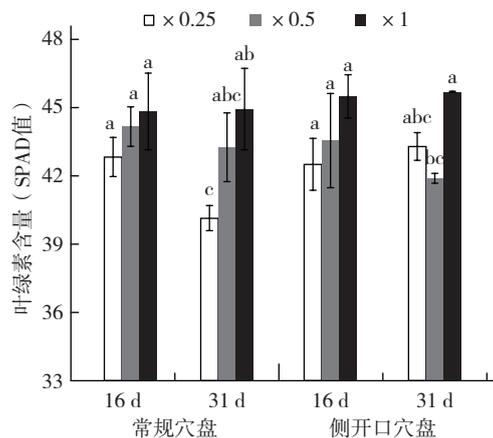


图 1 孔穴型式和营养液浓度对黄瓜幼苗叶片叶绿素含量的影响

图柱上不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Mn、Cu 吸收积累量均显著增加, 特别是大量元素, 增加幅度达 102.6% ~ 125.1%。从孔穴型式分析, 采用常规穴盘培育的黄瓜幼苗矿质元素吸收积累量总体高于侧开口穴盘, 如同在 $\times 0.5$ 营养液浓度水平, N、P、K 的吸收积累量分别比侧开口穴盘提高了 37.2%、28.6%、45.8%。

表 2 孔穴型式和营养液浓度对黄瓜幼苗单株矿质元素吸收积累的影响

孔穴型式	营养液浓度	N/mg	P/mg	K/mg	Ca/mg	Mg/mg	Fe/mg	Mn/ μ g	Cu/ μ g	Zn/ μ g
常规	$\times 1$	23.26 a	4.21 a	27.54 a	16.58 a	4.97 a	0.58 a	24.82 a	5.81 a	42.78 a
	$\times 0.5$	15.56 c	2.56 c	17.63 b	12.83 b	4.40 b	0.40 b	19.89 b	4.55 b	43.32 a
	$\times 0.25$	11.10 d	1.87 d	13.08 c	10.59 d	4.15 b	0.41 b	17.14 c	3.90 c	35.88 b
侧开口	$\times 1$	17.92 b	3.12 b	19.38 b	11.72 c	3.43 c	0.46 ab	17.66 c	4.18 bc	33.49 b
	$\times 0.5$	11.34 d	1.99 d	12.09 c	9.29 e	3.39 c	0.40 b	15.13 d	3.42 d	34.47 b
	$\times 0.25$	8.47 e	1.54 e	9.15 d	7.24 f	2.79 d	0.34 b	11.82 e	2.70 e	27.22 c

3 讨论与结论

孔穴型式决定了幼苗根系生长发育所处空间的容积和形状。当选择不同孔穴型式穴盘培育幼苗时, 会导致基质填装量、根际水分动力学特征以及根系生长趋向的差异。幼苗对矿质元素的吸收与水分密切相关, 矿质元素溶解于水, 并随水分运动抵达根系表皮细胞或根毛。因此, 孔穴型式对幼苗矿质元素吸收和形态发育的作用至少表现在 3 个方面: 一是以基质填装量为主的矿质养分、水分吸持量; 二是以水分运动为主的矿质元素扩散速率; 三是以根系生长趋向为主的根系吸收面积 (Weston & Zandstra, 1986; NeSmith & Duval, 1998; Grazia et al., 2002)。本试验中, 两种型式的穴盘, 单穴

容积相近, 但孔穴高度相差 10 mm, 且侧开口穴盘增加了通透性, 必然改变孔穴内基质水分及其矿质养分的运动规律, 进而影响黄瓜幼苗生理及表观形态指标。

矿质元素、水分吸收和光合 CO_2 固定构成了幼苗形态建成的物质基础。幼苗根系对矿质元素的吸收无外乎两种方式: 浓度梯度驱动的被动扩散吸收方式和能量驱动的逆浓度梯度主动吸收方式。提高根际矿质元素的供应量, 如供给浓度、频度和总量, 自然加大了培养介质溶液与根系自由空间的矿质元素浓度梯度, 进而促进了幼苗根系对矿质元素的快速吸收和积累 (Jong et al., 2008)。足量、适比的矿质元素沿蒸腾流及共质体或非共质体途径到达幼苗各组织位点, 促进幼苗正常生长发育; 反之, 矿



质元素的缺乏或过量,均不利于幼苗生长发育。特别是在一定的供应量值区间,也称缺乏区,矿质元素供应量与幼苗器官发育呈直线相关(宋春鹏和王学路,2009)。本试验中,幼苗在 $\times 1$ 营养液浓度水平下,可以促进幼苗根系对矿质元素的吸收,幼苗生长最快。

本试验充分说明在潮汐式穴盘育苗条件下孔穴型式和营养液浓度会影响黄瓜幼苗矿质元素吸收积累和形态发育,同时,以壮苗指数为主要参考指标,筛选出最佳的穴盘与营养液浓度组合,即采用常规穴盘并灌溉完全 Hoagland 营养液。

参考文献

- 陈传翔,甘小虎,何从亮,胡静,阎庆久. 2014. 不同配方基质在辣椒潮汐式育苗及常规育苗中的试验效果. 上海蔬菜, (3): 79-80.
- 甘小虎,何从亮,胡静,闫庆久,韩勇. 2014. 辣椒潮汐式灌溉育苗技术应用效果初报. 蔬菜, (6): 14-16.
- 高艳明,刘宏久,郑佳琦,李建设. 2016. 黄瓜穴盘育苗潮汐灌溉技术研究. 灌溉排水学报, 35 (1): 79-82.
- 郝海平. 2014. 潮汐式灌溉技术发展及特点. 中国花卉园艺, (18): 52-55.

- 胡静,杨惠玲,甘小虎,阎庆久. 2015. 意大利生菜潮汐式栽培生产试验. 蔬菜, (3): 13-15.
- 刘宏久. 2015. 蔬菜穴盘育苗潮汐式灌溉技术研究 [硕士论文]. 银川: 宁夏大学.
- 尚庆茂. 2011. 蔬菜集约化穴盘育苗技术系列讲座 (第一讲概述). 中国蔬菜, (1): 46-47.
- 宋春鹏,王学路译. 2009. 植物生理学. 北京: 科学出版社: 60-68.
- 赵颖雷,黄丹枫. 2016. 一体化“潮汐式”微环境恒温蔬菜育苗床设计研究与应用. 中国蔬菜, (4): 101-104.
- 中国土壤学会农业化学专业委员会. 1983. 土壤农业化学常规分析方法. 北京: 科学出版社: 272-401.
- NeSmith D S, Duval J R. 1998. The effect of container size. HortTechnology, 8 (4): 1-4.
- Grazia J D, Tiftonell P, Chiesa A. 2002. Pepper (*Capsicum annuum* L.) transplant growth as affected by growth compression and cell size. Agronomie, 22: 503-509.
- Jong M C, Joo W A, Ja H K. 2008. Growth and nutrient contents of hot pepper plug seedling as influenced by root medium formulations and pre-planting fertilizer levels. Horticulture, Environment and Biotechnology, 49 (3): 197-202.
- Weston L A, Zandstra B. 1986. Effect of root container size and location of production on growth and yield of tomato transplants. Journal of American Society of Horticultural Science, 111: 498-501.

Effects of Cell Pattern and Nutrient Solution Concentration on Cucumber Plug Seedling Growth under Ebb and Flow Irrigation

TAI Lian-li, ZHANG Zhi-gang, LI Fu-kai, DONG Chun-juan, SHANG Qing-mao*

(Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Horticultural Crops, Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: In order to screen the optimum cell pattern and nutrient solution concentration for cucumber plug seedling growth under ebb and flow irrigation, this experiment took Cucumber (*Cucumis sativus* cv. ‘Zhongnong No.18’) as material, and adopted 2 patterns of cell (regular and abnormal) and 3 nutrient solution concentrations ($\times 1$, $\times 0.5$ and $\times 0.25$) to conduct plug seedling growth under ebb and flow irrigation and to test seedling mineral elements absorption, accumulation, and apparent morphological indicators, etc. The results showed that along with the gradual increasing of nutrient solution concentration, the amount of mineral elements absorption and accumulation were gradually increased, that of N, P, K were increased by 102.6%-125.1%. The chlorophyll synthesis of leaf and seedling plant height, stem diameter, leaf area and fresh and dry weight of stem and leaves were all increased with the nutrient solution concentration increasing. The effect of normal plug seedling was better than that of the abnormal one. Thus, the seedling health index was taken as the major reference index, and an optimal combination, i.e. regular cell pattern plus Hoagland nutrient solution at $\times 1$ concentration level, was obtained.

Key words: Cucumber; Ebb and flow irrigation; Plug seedling; Cell; Nutrient solution