

不同营养液浓度下温室黄瓜营养元素含量上限的确定

张传召¹, 张兆冬², 马万征^{3,4*}, 郑庆瑶³, 邹长明^{3,4}, 万梦³, 徐彦涵³

(1. 蚌埠市五河县东刘集农技站, 安徽五河 233333; 2. 安徽省滁州市定远县农技推广中心, 安徽滁州 233201; 3. 安徽科技学院资源与环境学院, 安徽凤阳 233100; 4. 农业部生物有机肥创制重点实验室, 安徽蚌埠 233000)

摘要 在智能温室条件下, 以京津优2号为试验材料, 采用以珍珠岩为载体的无土栽培方式, 研究在不同浓度营养液处理下温室黄瓜的生长情况。利用 T₁、T₂、T₃、T₄、T₅ 5 个浓度梯度的霍格兰营养液, 测定不同浓度营养液下温室黄瓜的鲜重、干重、叶面积, 确定营养液中各元素含量的上限。结果表明, T₄ 处理为黄瓜生长发育的最适浓度, 营养液中氮含量上限为 8.591 mg/L, 磷含量上限为 3.32 mg/L, 钾含量上限为 263.63 mg/L。

关键词 温室; 黄瓜; 营养液; 营养元素

中图分类号 S642.2 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)02-0063-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2020.02.017



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Determination of the Upper Limit of Nutrient Content of Cucumber in Greenhouse under Different Nutrient Solutions

ZHANG Chuan-zhao¹, ZHANG Zhao-dong², MA Wan-zheng^{3,4*} et al (1. Wuhe County Dongliuji Agricultural Technology Station, Wuhe, Anhui 233333; 2. Agricultural Technology Promotion Center of Dingyuan County, Chuzhou City, Anhui Province, Chuzhou, Anhui 233201; 3. Resource and Environmental Engineering College, Anhui Science and Technology University, Fengyang, Anhui 233100; 4. Key Laboratory of Bio-organic Fertilizer Creation, Ministry of Agriculture, Bengbu, Anhui 233000)

Abstract Under the condition of intelligent greenhouse, the growth of cucumber in greenhouse was studied under different concentrations of nutrient solution by using Jingjinyou 2 as experimental material and using perlite as carrier. The fresh weight, dry weight and leaf area of greenhouse cucumber under different concentrations of nutrient solution were determined by using Hoagland nutrient solution with five concentration gradients of T₁, T₂, T₃, T₄ and T₅, and the upper limit of each element content in nutrient solution was determined. The results showed that the optimum concentration for growth and development of cucumber under T₄ treatment was 8.591 mg/L for nitrogen, 3.32 mg/L for phosphorus and 263.63 mg/L for potassium.

Key words Greenhouse; Cucumber; Nutritive solution; Nutrient element

黄瓜广泛分布于我国各个地区, 为主要的温室产品之一。无土栽培技术的迅速发展也带来一些问题, 如营养液余液污染环境, 同时浪费大量的水肥资源, 造成巨大的经济损失^[1-2]。加强营养液回收利用和确定营养液中各元素含量上限提高植株对营养液的吸收利用率, 对于降低成本、增加经济效益和保护环境具有重要意义^[3]。温室黄瓜的生长发育受多种条件的制约, 其中营养元素含量是黄瓜生长因素的重要指标之一, 是保证和提高温室黄瓜产量的重要因素^[4]。为了研究温室黄瓜生长的最适浓度和确定营养元素含量上限, 确定最佳养分供给, 研究不同营养液浓度对温室黄瓜生长发育的影响及确定营养液中各营养元素含量上限刻不容缓。

我国对无土栽培营养液最适浓度的研究不多, 同时由于缺乏对各个营养元素含量上限的定量研究, 导致营养液中某些元素含量过高, 抑制了植株的生长发育, 使作物减产, 造成更严重的经济损失^[5]。缺少对于温室作物的需水、需肥特性研究, 温室作物的过量灌溉, 造成了水肥资源的浪费, 污染了

环境。柳美玉等^[6-7]认为营养液是无土栽培的核心, 其浓度高低和其中营养元素含量直接关系到植株的养分供给情况, 从而影响作物的生长。干物质是作物营养生长与产量形成的基础, 研究表明, 适当增加营养液浓度有利于作物的光合作用, 增加干物质的积累。李邵^[8]研究表明各处理地上部干重和产量在一定范围内均随着营养液浓度的增加而增加。李灵芝等^[9]认为氮元素含量不同对植株生长发育和叶片光谱特征产生不同影响, 因此研究番茄水培时营养液的适宜氮浓度对于番茄高产、稳产具有重要意义; 李淑红等^[10]研究不同浓度营养液对巨峰葡萄生长发育和果实品质的影响, 以便于找出最佳养分供应, 提高葡萄产量。

为探究不同营养液浓度对温室黄瓜生长发育的影响及营养液各元素含量上限, 笔者在智能恒温实验室中, 以霍格兰营养液进行培养, 分别配制 T₁、T₂、T₃、T₄、T₅ 5 个浓度梯度的营养液, 同时测量不同浓度营养液中各营养元素含量, 观察黄瓜的生长状态, 对营养液中各个元素不同含量下的干重、鲜重、叶面积进行测定, 从而确定各元素含量上限。

1 材料与方法

1.1 试验材料 供试黄瓜品种为京津优二号。

1.2 霍格兰营养液 在玻璃温室室内, 以珍珠岩为载体, 用不同浓度的霍格兰营养液培养黄瓜, 在蔬菜类水培试验中, 霍格兰营养液是常用的配方, 能够较为合理有效地为黄瓜的生长发育提供所需要的营养元素, 保证作物良好生长^[11-12]。选取合理的霍格兰营养液浓度梯度是该试验的关键环节, 依次选取 T₁、T₂、T₃、T₄、T₅ 5 个浓度, 分别进行黄瓜的培育。霍格

基金项目 2019 年度安徽高校自然科学研究项目(KJ2019A0818); 安徽省 2019 年重点研究与开发计划面上攻关项目(201904a06020042); 2019 年安徽省科技攻关重大专项计划项目(201903a06020001); “十三五”国家重点研发计划(2017YFD0200808); 安徽省自然科学基金青年项目(1808085QD110); 滁州市科技计划项目重点研究开发专项(2018ZN016); 安徽科技学院大学生创新创业训练计划项目(201710879018, 201810879X099, 201810879X101)。

作者简介 张传召(1966—), 男, 安徽蚌埠人, 农艺师, 从事农业工程研究。* 通信作者, 讲师, 硕士, 从事现代设施农业与环境控制技术研究。

收稿日期 2019-06-28

兰营养液配方(10 L):A桶($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 472 g, KNO_3 39.5 g, NH_4NO_3 20 g, Fe Na-EDTA 3.5 g),B桶(KNO_3 302 g, KH_2PO_4 85 g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 169.5 g, $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0.85 g, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.725 g, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 1.225 g, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.095 g, $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.06 g)。

T_1 :A桶、B桶各20 mL营养液,加水至10 L; T_2 :A桶、B桶各50 mL营养液,加水至10 L; T_3 :A桶、B桶各100 mL营养液,加水至10 L; T_4 :A桶、B桶各150 mL营养液,加水至10 L; T_5 :A桶、B桶各200 mL营养液,加水至10 L。

1.3 试验方法

1.3.1 试验处理。选取颗粒饱满、大小均匀的种子作为试验材料,以装有叶糠的培养槽为载体将黄瓜种子放在培养槽中,将培养槽置于玻璃温室中,定期浇灌清水,使叶糠保持湿润,观察种子萌发生长情况。待黄瓜幼苗长出4片叶子时,即开始移栽。当黄瓜幼苗生长状况良好、长势近乎相同时,在霍格兰营养液 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 、 T_5 5种浓度下进行培养,每种浓度下黄瓜幼苗颗数均为35颗。

1.3.2 黄瓜栽培试验。移栽7 d后进行正式试验,试验开始于2017年4月,每7 d使用各个浓度的营养液浇灌,每次每株浇灌400 mL,将黄瓜生长分为7个时期^[12-13],分别为幼苗期、苗期、初花期、结果期、采收前期、采收中期、采收末期,7个时期分别采样一次,第一次采样时间为2015年5月1日,于7月9日止,其中每个营养液浓度培养下的黄瓜随机选取2颗,测定各植株叶面积时使用量程50 cm的直尺,量取每片叶子的长度和宽度,然后根据经验公式计算单株叶面积,累加得到整株叶面积。将植株根、茎、叶、果(包括花)4部分分开^[14],分别测量每株黄瓜植株的根鲜重、茎鲜重、叶(包括叶柄)鲜量及叶面积,烘干后称量黄瓜根、茎、叶各部分的干重。

每次采样时首先将黄瓜根部的珍珠岩清洗干净,再将根部的水分晾干,其次将黄瓜的根茎叶各部分分开,分别称取黄瓜植株根、茎、叶部分的鲜重,并计算每种浓度下2株黄瓜根、茎、叶的鲜重,取其平均值为各处理下各部分的鲜质量。并将黄瓜幼苗的根、茎、叶分开,装于信封并放入烘箱中,待烘箱温度上升至105℃开始计时,15 min杀青完成,之后将烘箱温度调至85℃,48 h后,将已经烘干至恒重的干物质取出,用万分之一电子天平分别称量黄瓜根、茎、叶干物质的质量^[14-15]。

试验过程中黄瓜植株的鲜重为每次采样所得黄瓜植株鲜重的平均值,黄瓜植株的干重为每次采样所得黄瓜植株干重的平均值。

1.3.3 营养液中氮、磷、钾的测定。取配好的各种浓度营养液于锥形瓶中,贴上标签。全氮采用纳氏试剂比色法测定;全磷采用钼锑抗分光光度法测定;全钾采用火焰光度法测定。

2 结果与分析

2.1 不同浓度营养液对温室黄瓜生长发育的影响

2.1.1 根鲜重。根是黄瓜的重要器官,具有吸收营养物质、水分及矿物元素的作用。从图1可以看出,在一定浓度范围内营养液浓度的增加有利于根系的生长发育,超过一定浓度则抑制根系的生长发育。 T_4 处理温室黄瓜根系的鲜重最大,

而 T_5 处理小于 T_4 处理的质量,这是由于营养液浓度过大而抑制了温室黄瓜根系部分的生长,因此 T_5 处理根系鲜重比 T_4 处理小。 T_1 处理根系鲜重最小, T_2 处理根系的鲜重较 T_1 处理略大, T_3 处理根系鲜重比 T_2 处理大,由此可知,营养液浓度为 T_1 、 T_2 、 T_3 时植株明显营养元素供应不足。从整个生长发育周期看,黄瓜根鲜重呈先增加后减小的趋势,根部鲜重在5月21日时最大,大于6月1日时黄瓜根鲜重,这可能是由于试验过程中的误差造成的,如在5月21日采样时出现了偏差,选取长势茂盛的黄瓜。

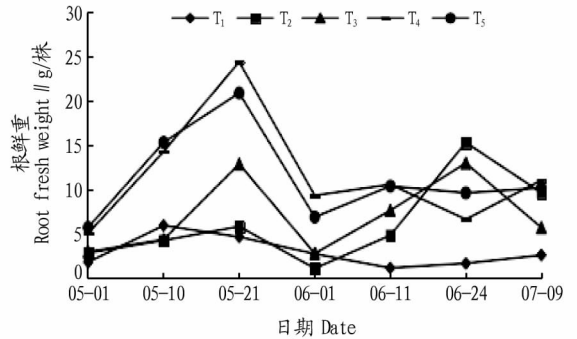


图1 不同浓度营养液对温室黄瓜根部鲜重的影响

Fig.1 The effect of different concentrations of nutrient solution on the root fresh weight of greenhouse cucumber

2.1.2 茎鲜重。茎有运输营养物质、水分以及矿物元素的作用,还可以储存淀粉、糖类、脂肪、蛋白质以供植物体利用。从图2可以看出, T_1 处理黄瓜茎鲜重最小, T_2 处理茎鲜重稍大于 T_1 处理, T_4 处理茎鲜重最大,即营养液浓度为 T_4 时黄瓜茎鲜重最大,增长趋势最快,当浓度为 T_5 时鲜重出现下降,此时营养液浓度过大对茎的生长发育产生了抑制,因此,营养液浓度 T_4 为茎生长发育的最适浓度。在黄瓜生长发育的整个周期内黄瓜茎鲜重在5月21日时最大,此后减小,出现该情况可能为5月21日采样的偏差。

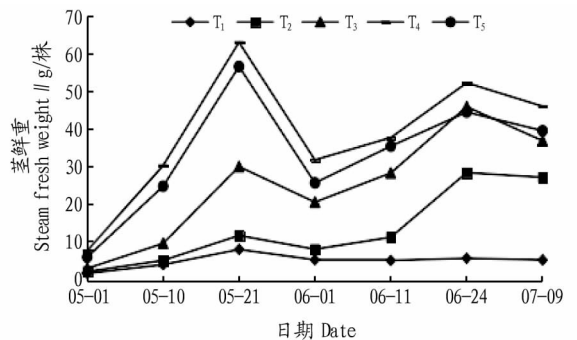


图2 不同浓度营养液对温室黄瓜茎鲜重的影响

Fig.2 Effects of different concentrations of nutrient solution on stem fresh weight of cucumber greenhouse

2.1.3 叶鲜重。叶是黄瓜植株制造有机养料的重要器官,也是植株进行光合作用和呼吸作用的主要场所。从图3可以看出, T_4 处理黄瓜叶鲜重最大,黄瓜叶片生长发育最好, T_1 处理黄瓜叶鲜重最小, T_2 处理略大于 T_1 处理,其次为 T_3 处理,可知营养液浓度为 T_1 、 T_2 、 T_3 时营养液中营养元素均不足,从而限制了叶的生长发育。叶鲜重表现为 $T_4 > T_5 > T_3 > T_2$

>T₁。T₃ 处理为最佳处理。再继续增加营养液浓度则抑制黄瓜的生长发育。温室黄瓜叶鲜重先增加后减小,5月21日的采样出现偏差。

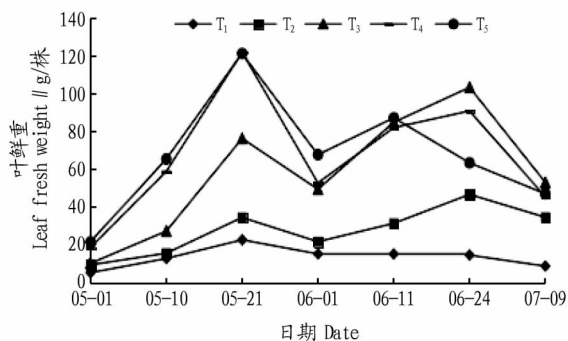


图3 不同浓度营养液对温室黄瓜叶鲜重的影响

Fig.3 Effect of different concentrations of nutrient on the leaf fresh weight of greenhouse cucumber

2.1.4 叶面积。从图4可以看出,T₁处理叶面积最小,T₂处理叶面积略有增加,T₃处理叶面积继续增大,由此可知,营养液浓度为T₄时黄瓜生长最为茂盛,此浓度为黄瓜植株叶片生长发育和叶片光合作用积累有机物的最适浓度。T₁处理叶面积最小是因为营养液浓度过低,营养不足因而限制了叶片生长发育,随营养液浓度增加为T₂后又继续增大为T₃时,叶面积不断增加,当浓度为T₄时叶面积达到最大,此后随着营养液浓度的增加,叶面积呈减小趋势。

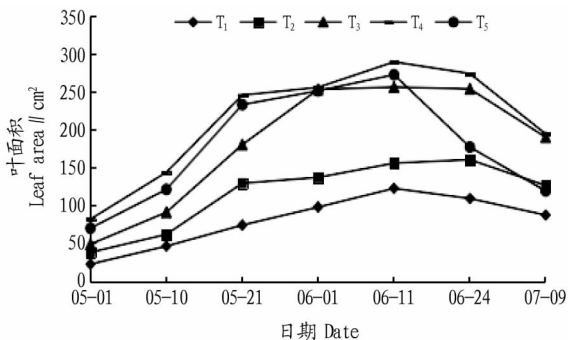


图4 不同浓度营养液对温室黄瓜叶面积的影响

Fig.4 Effect of different concentrations of nutrient solution on leaf area of greenhouse cucumber

2.2 营养液中氮磷钾元素含量上限的确定

2.2.1 氮。氮对茎叶的生长和果实的发育有重要作用,氮是调节黄瓜生长、提高产量和改善果实品质的重要元素之一。由图5~7可知,当营养液中氮元素含量为1.620 mg/L时黄瓜植株的鲜重、干重和叶面积均最小,当氮含量逐渐增加时黄瓜的鲜重、干重、叶面积均有所增加,当氮含量增加到8.591 mg/L时黄瓜植株的鲜重、干重、叶面积均达到最大,随着营养液中氮含量继续增加,黄瓜植株的干重、叶面积虽较大,但较氮含量为8.591 mg/L时出现了下降。由此可知,氮含量为1.620 mg/L时营养液中氮含量明显不足,可继续增大氮含量,当氮含量为8.591 mg/L时黄瓜生长发育状况最好,此时的氮元素含量即为营养液中氮元素含量的上限,在未超过氮元素含量上限时增加氮元素含量则黄瓜植株生长越好,

继续增加氮含量则会对黄瓜植株的生长发育产生抑制作用。

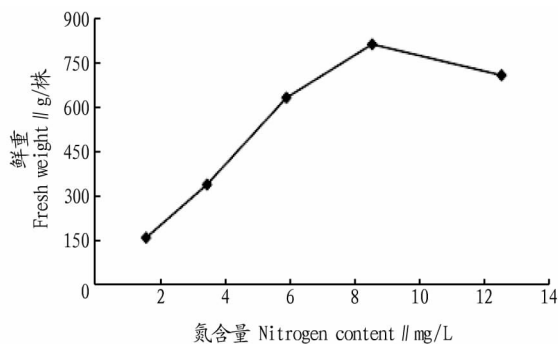


图5 营养液中氮含量对温室黄瓜鲜重的影响

Fig.5 Effect of nitrogen content in nutrient solution on the fresh weigh of greenhouse cucumber

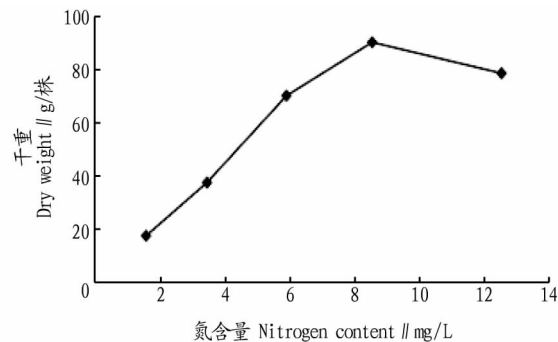


图6 营养液中氮含量对温室黄瓜干重的影响

Fig.6 The effect of nitrogen content in nutrient solution on the dry weight of greenhouse cucumber

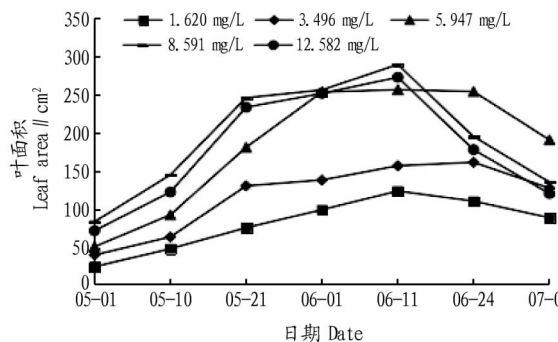


图7 营养液中氮含量对温室黄瓜叶面积的影响

Fig.7 The effect of nitrogen content in nutrient solution on leaf area of cucumber greenhouse

2.2.2 磷。磷是形成细胞核蛋白、卵磷脂等不可缺少的元素,能加速细胞分裂,促使根部和地上部加快生长,促进花芽分化,提高果实品质^[6]。从图8~10可知,当磷元素含量为3.32 mg/L时温室黄瓜植株的鲜重、干重、叶面积均最大,当营养液中磷含量为1.39 mg/L时黄瓜植株的鲜重、干重、叶面积均最小,随着磷元素含量的不断增加,黄瓜植株的鲜重、干重、叶面积均不断增加,当磷元素含量增加到3.32 mg/L时黄瓜的鲜重、干重、叶面积均达到最大,继续增加营养液中磷元素含量则黄瓜植株的鲜重、干重、叶面积均呈下降趋势。由此可知,营养液中磷元素的含量上限为3.32 mg/L,当磷元素含量不超过其含量上限时,随着磷含量的增加黄瓜植株的生

长发育越来越好,当超过其含量上限时对黄瓜的生长发育产生抑制作用,此时不仅造成磷肥的浪费,更影响黄瓜的生长。

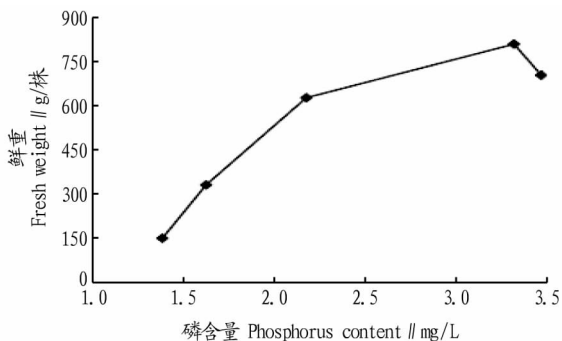


图8 营养液中磷含量对温室黄瓜植株鲜重的影响

Fig.8 The effect of phosphorus content in nutrient solution on the fresh weight of greenhouse cucumber

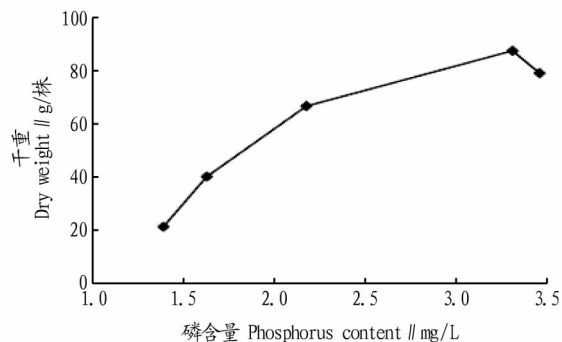


图9 营养液中磷含量对温室黄瓜植株干重的影响

Fig.9 The effect of phosphorus content in nutrient solution on the dry weight of greenhouse cucumber

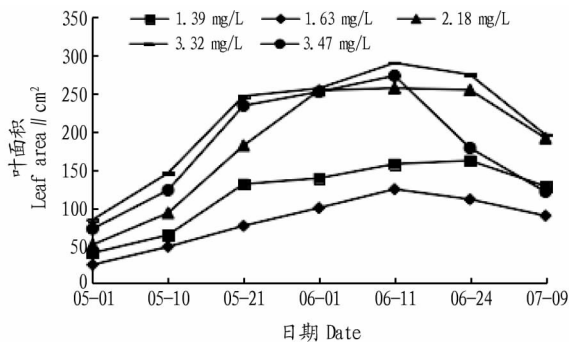


图10 营养液中磷含量对温室黄瓜叶面积的影响

Fig.10 The effect of phosphorus content in nutrient solution on leaf area of greenhouse cucumber

2.2.3 钾。钾元素是作物生长发育和维持作物高产的大量元素之一,是作物不可或缺的重要营养元素。从图 11~13 可以看出,当钾元素含量为 32.10 mg/L 时黄瓜植株的鲜重、干重、叶面积均最小,其次是钾元素含量为 64.66 mg/L,当钾元素含量为 198.52 mg/L 时黄瓜的鲜重、干重、叶面积较钾含量为 64.66 mg/L 时仍有所增加,当钾元素含量为 263.63 mg/L 时黄瓜植株的鲜重、干重、叶面积达到最大值,当钾元素含量超过 263.63 mg/L 时黄瓜植株的鲜重、干重、叶面积均有所下降,由此可知,钾元素含量上限为 263.63 mg/L,当钾元素含量超过此值时黄瓜植株的生长发育受到抑制,当钾元素含量

小于 263.63 mg/L 时,随着钾元素含量不断增加,植株的生长发育情况也逐渐繁茂。

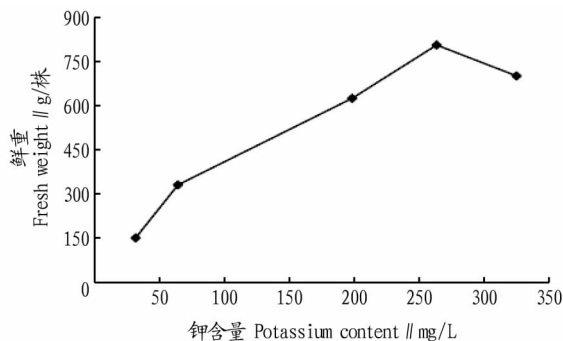


图11 营养液中钾含量对温室黄瓜植株鲜重的影响

Fig.11 The effect of potassium content in nutrient solution on the fresh weight of greenhouse cucumber

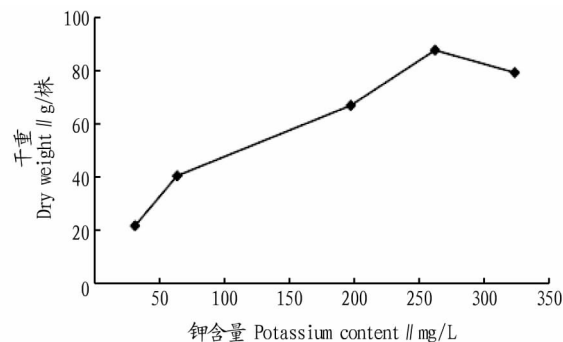


图12 营养液中钾含量对温室黄瓜植株干重的影响

Fig.12 The effect of potassium content in nutrient solution on the dry weight of greenhouse cucumber

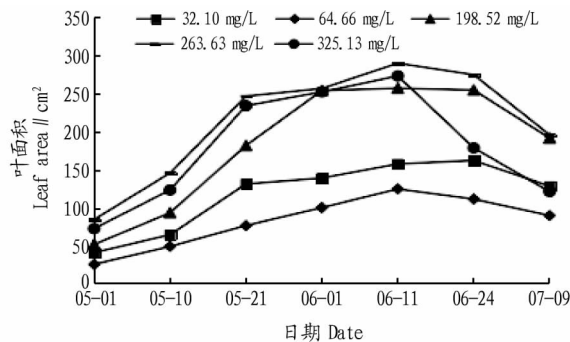


图13 营养液中钾含量对温室黄瓜叶面积的影响

Fig.13 The effect of potassium content in nutrient solution on leaf area of cucumber greenhouse

3 讨论

对于无土栽培作物而言,植株所需的元素和水分几乎来源于营养液,因此营养液浓度的选择与营养元素含量的确定十分关键。氮、磷、钾是植株生长不可或缺的营养元素,确定营养液中氮、磷、钾元素含量上限,对于保证植株最佳养分供给、提高水肥资源利用率具有十分重要的意义。研究表明,营养液中各元素含量及营养液浓度对无土栽培作物的生长具有重要影响,该试验在安徽科技学院西区智能温室中进行,历时 60 d 以上,结果显示,合理的营养液浓度和各营养元

(下转第 69 页)

在帝王花的增殖培养中发现,在基本培养基中添加不同的细胞分裂素,增殖效果有明显差异。在添加 6-BA 的增殖培养基中诱导的不定芽数量少,芽粗壮且生长速度快,芽伸生长明显,而在添加 TDZ 的增殖培养基中诱导的不定芽数量多,芽弱且芽的伸生长受到抑制。任鹏斌等^[11]在研究 TDZ 与 6-BA 对魔芋不定芽诱导效应时发现,TDZ 对魔芋不定芽的伸生长表现出较强的抑制作用,而 6-BA 对不定芽的伸生长则表现出较好的促进作用,该研究得出了与前人相同的研究结果。可见,不同的细胞分裂素种类和浓度,对于帝王花不定芽的分化、增殖效果不同。在生产过程中,结合种苗增殖的实际情况,6-BA 和 TDZ 可交替使用。

在植株壮苗生根阶段,较高浓度的生长素有利于帝王花组培苗生根,这可能与帝王花种苗内源生长激素较低有关。相同浓度下,IAA 对帝王花种苗的瓶内生根效果优于 IBA。该研究条件下 1/2MS+IAA 1.00 mg/L 为最佳壮苗生根培养基,当植株接种于此壮苗生根培养基后,14 d 后陆续长出新根,35 d 后生根率达 96%,植株高度达 4.2 cm。该研究还发现,NAA 对帝王花的生根无明显的促进作用。

移栽成活率是影响组培种苗工厂化生产成本的关键因素之一。在获得较为健壮种苗的基础上,通过加强移栽后温湿度的管控,提高种苗移栽成活率。该研究中瓶内生根的植株经过 7 d 炼苗后,移栽于泥炭土:珍珠岩=3:1 的混合基质中,移栽成活率达 85%,种苗长势良好。

4 结论

该研究以帝王花种子为试验材料,研究了不同激素及其浓度对帝王花种子萌发、芽增殖、壮苗生根的影响,筛选出了

适宜的诱导、增殖及壮苗生根培养基配方,建立了一套帝王花种子无菌播种和快速繁殖技术体系,具有种子萌发率高、芽增殖系数高、生根效果好、移栽成活率高等特点。该研究为帝王花种苗工厂化生产提供了可靠的技术保障,同时对于进口苗木品种种苗的国产化研究具有重要意义。

参考文献

- [1] ELIOVSON S. Proteas for pleasure how to grow and identify them [M]. Cape Town: Howad Timmins, 1965: 1-40.
- [2] MANNING L E, CONSIDINE J A, GROWNS D J. *Chamelaucium uncinatum* (Waxflowes), Family Myrtaceae [M] // JOHNSON K A, BURCHETT M. Native Australian plants. Sydney: University of New South Wales Press, 1996: 124-151.
- [3] 代色平, 朱纯, 黄花枝. 南非山龙眼科 (Proteaceae) 植物介绍 [J]. 广西园林, 2007, 29(6): 66.
- [4] DEALL G B, BROWN N A C. Seed germination in *Protea magnifica* Link [J]. South African journal of science, 1981, 77: 175-176.
- [5] WU H C, DU TOIT E S. Effects of temperature, light conditions and gibberellic acid on the in vitro germination of *Protea cynaroides* L. embryos [J]. Afr J Biotech, 2010, 9(47): 8032-8037.
- [6] WU H C, DU TOIT E S. Reducing oxidative browning during in vitro establishment of *Protea cynaroides* [J]. Scientia horticulturae, 2004, 100(1/2/3/4): 355-358.
- [7] 何丽娜, 潘会堂, 马琳, 等. 帝王花 (*Protea cynaroides*) 启动培养研究 [C] // 张启翔. 中国观赏园艺研究进展 2012. 北京: 中国林业出版社, 2012: 293-297.
- [8] WU H C, TOIT E S, REINHARDT C F. A protocol for direct somatic embryogenesis of *Protea cynaroides* L. using zygotic embryos and cotyledon tissue [J]. Plant cell, tissue and organ culture, 2007, 89(2/3): 217-224.
- [9] 周辉明, 林辉锋, 尚伟, 等. 垂花蕙兰种子无菌播种和快速繁殖 [J]. 福建农业学报, 2013, 28(10): 981-986.
- [10] 林辉锋, 陈昌铭, 尚伟, 等. 石橄榄种子无菌播种和快速繁殖研究 [J]. 安徽农业科学, 2017, 45(8): 161-162, 166.
- [11] 任鹏斌, 王阿娇, 刘佳晨, 等. TDZ 与 6-BA 对魔芋不定芽诱导的效应研究 [J]. 黑龙江农业科学, 2014(8): 23-27.
- [12] 科技文摘 [J]. 中国园艺文摘, 2015, 31(6): 227-236.
- [13] 姚发展, 马万敏, 圣冬冬, 等. 不同浓度营养液对温室黄瓜生长发育的影响 [J]. 安徽农业科学, 2014, 42(19): 6181-6183.
- [14] 曹玉鑫, 曹红霞, 王萍, 等. 营养液浓度对番茄生长、品质以及耐贮性的影响 [J]. 食品科学, 2018, 39(7): 63-70.
- [15] 陈杰, 赵世静. 我国无土栽培营养液浓度管理方式现状及发展趋势 [J]. 现代农业科技, 2015(24): 192-193.
- [16] 柳美玉, 曹红霞, 杜贞其, 等. 营养液浓度对番茄营养生长期生长发育的影响 [J]. 北方园艺, 2015(8): 10-14.
- [17] 柳美玉, 曹红霞, 杜贞其, 等. 营养液浓度对番茄营养生长期干物质累积及养分吸收的影响 [J]. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 2017, 45(4): 119-126, 133.
- [18] 李邵. 草莓无土栽培的几种模式 [J]. 农业工程技术, 2016, 36(7): 15-19.
- [19] 李灵芝, 郭荣, 李海平, 等. 不同氮浓度对温室番茄生长发育和叶片光谱特性的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(4): 965-969.
- [20] 李淑红, 王磊, 史文婷, 等. 不同营养液浓度对“巨峰”葡萄生长发育和果实品质的影响 [J]. 西北农业学报, 2018, 27(3): 394-401.
- [21] 季延海, 武占会, 于平彬, 等. 不同营养液浓度对水培韭菜生长适应性的影响 [J]. 中国蔬菜, 2017(11): 53-56.
- [22] 吴东升, 张燕, 曹云娥. 不同配方营养液对设施番茄品质及产量的影响 [J]. 宁夏农林科技, 2017, 58(11): 22-26.
- [23] 许雪, 季延海, 张广华, 等. 不同营养液配方对黄瓜营养液育苗效果的影响 [J]. 北方园艺, 2015(11): 44-48.
- [24] 马万征, 汪凯, 赵宽, 等. 不同营养液浓度对温室黄瓜生长发育中磷分配规律的研究 [J]. 北方园艺, 2015(1): 42-44.
- [25] 马万征, 赵凤, 马万敏, 等. 不同浓度铬对黄瓜氮磷钾吸收分配的影响 [J]. 应用化工, 2015, 44(1): 41-43, 47.
- [26] 常晓晓. 不同供氮水平对设施黄瓜养分吸收利用和产量的影响 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2017.

(上接第 66 页)

素含量能显著提高温室黄瓜的干鲜重、叶面积。

该试验结果表明,只有最适的营养液浓度和适宜的营养元素含量才能使无土栽培作物生长发育最好,从而提高产量,该试验主要是研究不同水肥供给对温室黄瓜生长发育的影响,对于黄瓜在生长发育各个阶段对各种元素的选择性、需求量有待于进一步研究。

4 结论

通过对不同浓度营养液下温室黄瓜生长发育状况的研究,可知在一定范围内随着营养液浓度的增加,温室黄瓜的生长发育状况越好,在 T_4 处理下温室黄瓜的生长发育状况最好,营养液浓度 T_4 为最适浓度。探究在不同氮、磷、钾元素含量下黄瓜植株的生长状态可确定各个营养元素含量的上限,在各个元素含量上限内营养元素含量增加则黄瓜植株生长发育越繁茂,若超过其各元素含量上限则对生长产生抑制作用,营养液中氮元素含量上限为 8.591 mg/L,磷元素含量上限为 3.32 mg/L,钾元素含量上限为 263.63 mg/L。

参考文献

- [1] 张雁, 高航, 金美玉, 等. 无土栽培营养液浓度对马铃薯植株生长和微型薯形成的影响 [J]. 延边大学学报, 2016, 38(2): 117-121.