

# 不同培养基、培养条件和基质对非洲菊组培苗生根及幼苗生长的影响

张春梅<sup>1,3</sup>, 闫芳<sup>2,3</sup>, 陈修斌<sup>1,3</sup>, 王勤礼<sup>2,3</sup>, 许会娜<sup>1</sup>

(1. 河西学院 农业与生物技术学院, 甘肃 张掖 734000; 2. 河西学院 生态与绿洲农业研究院, 甘肃 张掖 734000;  
3. 甘肃省河西走廊特色资源利用重点实验室, 甘肃 张掖 734000)

**[摘要]** 以“靓粉”非洲菊组培苗为试材, 探究了不同培养基、萘乙酸(NAA)以及活性炭、不同光源、不同基质对组培苗诱导生根和移栽成活率的影响。结果表明: 1) 1/2 MS培养基为非洲菊最适生根培养基; 2) 生根培养基为1/2 MS + 0.10 mg/L NAA + 0.40 mg/L IBA时, 组培苗的生根率最高, 根系健康粗壮; 3) 活性炭质量分数为0.2%时, 最有利于不定芽生根; 4) 不同的光源处理中, LED光源最适于非洲菊组培苗的生长发育; 5) 在珍珠岩: 草炭土 = 1:1的基质中, 非洲菊幼苗生长状况最好。

**[关键词]** 非洲菊; 培养基; 培养条件; 基质

**[中图分类号]** TS 201.2 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1005-0310(2018)04-0081-07

## Effects of Different Culture Medium, Culture Conditions and Substrates on Rootage and Seedling Growth of Gerbera Tissue Culture Seedling

Zhang Chunmei<sup>1,3</sup>, Yan Fang<sup>2,3</sup>, Chen Xiubin<sup>1,3</sup>, Wang Qinli<sup>2,3</sup>, Xu Huina<sup>1</sup>

(1. School of Agriculture and Biotechnology, Hexi University, Zhangye Gansu 734000, China;  
2. Ecological & Oasis Agricultural Research Institute, Hexi University, Zhangye Gansu 734000, China;  
3. Provincial Key Laboratory for the Utilization of Characteristic Resources of Hexi Corridor, Zhangye Gansu 734000, China)

**Abstract:** The effects of culture medium, culture conditions and substrates on rootage and seedling growth of Gerbera seedling were studied. The result show that: 1/2MS is the best for gerbera rooting medium; the medium hormone ratio is 1/2MS + 0.10 mg/L NAA + 0.40 mg/L IBA, the rooting rates of lants reached the highest root health stout; It is most conducive to promoting adventitious bud rootage when the concentration of activated carbon is 0.2%; Treatment with different light sources LED is the best to promote the development of Gerbera tissue culture seedling; In the matrix of 1/2 perlite and 1/2 turf, the seedling growth is best.

**Keywords:** Gerbera; Culture medium; Culture conditions; Substrates

**[收稿日期]** 2018-07-05

**[基金项目]** 甘肃省高校协同创新科技团队支持计划资助(2017C-18), 甘肃省2014年农业技术推广及基地建设项目(甘财农[2014]295号)。

**[第一作者简介]** 张春梅(1978—), 女, 甘肃酒泉人, 河西学院农业与生物技术学院副教授, 博士, 主要研究方向为植物生理、植物组织培养。E-mail: zazcm197828@163.com

## 前言

非洲菊(*Gerbera Jamesonii Bolus*)又名扶郎花、葛白拉<sup>[1]</sup>,为多年生宿根草本植物。非洲菊原产南非,耐热、耐寒,喜冬暖夏凉、空气流动、阳光充足的环境,其植株风韵秀美,花色艳丽多彩,花期长,产花量高,是切花与盆花兼用的优良观赏花卉,现已跻身世界五大切花之一,并以其独特的魅力风靡全球<sup>[2]</sup>,所以,研究与开发这一花卉对满足国内花卉市场需求具有重要意义。

由于非洲菊大多自交不孕,杂交后代会分裂和变异,常规繁殖采用分株法,但繁殖系数低,不能满足大规模生产的需要<sup>[3]</sup>。为迅速获得大量优质且无病毒的种苗,国际上生产非洲菊均采用组织培养技术。在组织培养过程中,试管苗的生根好坏直接影响到组培苗的质量和移栽成活率,是影响快速繁殖的一个关键技术。但试管苗组织幼嫩,光合能力较弱,且培养阶段需要长时间提供碳源,导致移栽后不能很好地适应自养条件,离体条件下形成的根系较弱,不能很好地发挥作用<sup>[4]</sup>。除此之外,快繁过程中的另一个关键技术是试管苗的移栽驯化,为确保试管苗大量成活,应尽可能创造出适合小苗生长的环境条件,其中移栽基质是影响试管苗驯化成活的重要因素。目前,中国对非洲菊缺乏系统的栽培研究,虽然非洲菊栽培基质种类繁多,但还没有研究出针对不同地域、气候、环境等的专门配方<sup>[5]</sup>。在中国组培苗工厂化生产中,使用最广泛的光源是普通荧光灯,这种光源存在能耗高、寿命短等缺点,大大增加了组培苗工厂化生产成本。目前LED光源在植物组织培养上的应用已引起国内外学者的关注<sup>[6]</sup>,并已经应用于白掌<sup>[7]</sup>、草莓<sup>[8]</sup>等植物的组织培养。冷阴极荧光灯(CCFL)于2009年被首次应用到兰属植物组织培养中<sup>[9]</sup>。因此,开发新型高效节能光源成为非洲菊组织培养规模化生产的热点。

鉴于此,本试验在前人的研究基础上,对影响非洲菊生根的因素、光源种类、移栽基质配方等进行优化研究,拟筛选出合理高效的生根条件、光源类型和移栽基质配方,为我国非洲菊的组培工厂化育苗提供科学的依据。

## 1 材料与方

### 1.1 试验材料

以非洲菊“靛粉”无菌苗的分化芽为试材,由上

海园艺大地种苗有限公司组培研究室提供。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 基本培养基对非洲菊生根的影响

选取2 cm左右,具3片叶的大小一致的非洲菊不定芽,将其从芽丛上分离出来,分别转接到MS、1/2 MS、1/4 MS培养基上,PH为5.8。每种培养基各接种50株苗,重复3次。将培养基于24℃,1500~2000 lx,每天光照14 h条件下培养(下同)。记录生根时间,25 d后,测定根数、根长,计算生根率。

#### 1.2.2 活性炭对非洲菊生根的影响

将2 cm左右,具3片叶的大小一致的非洲菊不定芽从芽丛上分离下来,以1/2 MS为基本培养基,分别添加不同质量分数的活性炭。质量分数设置为0、0.1%、0.2%、0.3%。每种培养基各接种50株苗,重复3次。记录生根时间,25 d后,测定根数、根长,计算生根率。

#### 1.2.3 不同质量浓度NAA对非洲菊生根的影响

将2 cm左右,具3片叶的大小一致的非洲菊不定芽从芽丛上分离下来,准备接种。以1/2 MS为基本培养基,添加IBA 0.4 mg/L,与不同质量浓度NAA(mg/L)配组,进行对比试验,选出最佳激素配方,物质的质量浓度设置见表1。每种培养基接种50株苗,重复3次。记录生根时间,25 d后,测定根数、根长、根粗、根鲜重,计算生根率。

表1 培养基的组成

Table 1 The composition of the medium

处理	培养基的组成
I	1/2 MS + IBA 0.40 mg/L + NAA 0.01 mg/L
II	1/2 MS + IBA 0.40 mg/L + NAA 0.10 mg/L
III	1/2 MS + IBA 0.40 mg/L + NAA 1.00 mg/L

#### 1.2.4 不同光源处理对非洲菊幼苗生长的影响

将2 cm左右,具3片叶的大小一致的非洲菊不定芽从芽丛上分离下来,准备接种。以1/2 MS为基本培养基,PH值为5.8。接种200株苗进行培养。25 d后,选取生长健壮、生长状况及规格一致的组培苗(展叶3片,苗高2.5 cm左右),切去根后,将其均匀接入1/2 MS + 30 g/L蔗糖 + 7 g/L琼脂的固体培养基上(PH为5.8),接种后,将培养基放于上海园艺大地种苗公司育苗室内,分别放置在普通荧光灯(对照)、发光二极管(LED)、冷阴极荧光灯(CCFL)照光系统下,光质均设定为红光:蓝光=7:3。每个处理接种50株苗,重复3次。培养30 d后测定相关形态指标。

### 1.2.5 不同基质对非洲菊生长的影响

待非洲菊小苗生根 4~5 条,根长 2~3 cm 时即可移栽。将选择好的即将移栽的组培苗在移栽环境下先闭口炼苗 2 d,再打开培养基盖继续炼苗 2 d后,在移栽的前一晚,将组培苗轻轻取出,选择大小一致,长势旺盛的健壮苗,用清水洗去根部沾附的培养基,然后在清水中浸泡 12 h,第二天早上植入育苗盘。栽苗深度以茎基部为准,露出增长点,防止感菌腐烂。栽培基质有以下处理:

- A1: 蛭石
- A2: 珍珠岩
- A3: 草炭
- A4: 蛭石:珍珠岩 = 1:1
- A5: 蛭石:草炭 = 1:1
- A6: 珍珠岩:草炭 = 1:1

每种处理 70 株苗,重复 3 次。每天傍晚浇一次清水,天阴时不浇。将育苗盘放在遮荫网下,避免阳光直射,10 d 后进行正常管理。定期记录移栽的成活率、株高、根长、长势、叶色。30 d 后进行统计。

移栽 30 d 后,每种处理随机取 10 株幼苗,称量地上部与地下部鲜重。再将其放入烘箱中,于 105 °C 条件下烘烤 20 min,于 80 °C 条件下做 12 h 烘干处理,并称量地上部干重和地下部干重。

## 2 结果分析

### 2.1 不同基本培养基对非洲菊生根的影响

由表 2 可知,MS 培养基不利于生根,表现为生根诱导率低,生根时间较长,且根数少而短。1/2 MS 培养基相较于 1/4 MS 培养基,各项指标均无显

著性差异,但是 1/2 MS 培养基诱导的平均根数和平均根长比 1/4 MS 培养基多 0.17 条和 0.33 cm,生根率比其多 4.39%,且根系长势较好。经比较,1/2 MS 培养基比 1/4 MS 培养基诱导生根的效果更好,因此,1/2 MS 培养基是非洲菊最适的生根基本培养基。

### 2.2 不同质量分数的活性炭对非洲菊生根的影响

由表 3 可知,活性炭对不定芽生根有着极其显著的促进作用。活性炭缩短了生根时间,而且增加了根数和根长,提高了生根率,使叶色浓绿,生长旺盛。活性炭质量分数为 0 时,生根时间很长,各项指标均与添加活性炭的处理有显著性差异。添加 0.1% 活性炭处理,其平均根数和平均根长以及生根率比添加 0.2% 活性炭的数值小 0.16 条、0.32 cm、1.34%,且诱导生根时间比其多 2 d,叶色不够浓绿。添加 0.2% 和 0.3% 的活性炭的 2 个处理生根时间相同,且根数、根长以及生根率也没有显著差异,二者的效果相差不大。为了节约成本,添加质量分数为 0.2% 的活性炭为生根最佳选择。

### 2.3 不同质量浓度的 NAA 对非洲菊组培苗生根的影响

图 1 显示,随着 NAA 质量浓度的增加,非洲菊幼苗的生根率逐渐下降,0.01 mg/L 处理与 1.00 mg/L 处理之间存在显著差异,但 0.1 mg/L 处理与其他处理之间并无显著差异。

图 2 显示,3 种不同质量浓度的 NAA 对苗的生根数影响较大,NAA 质量浓度为 1.00 mg/L 时苗的平均根数最多,0.10 mg/L 时次之,0.01 mg/L 时最少。

表 2 不同培养基处理非洲菊不定芽生根的状况

Table 2 Gerbera adventitious rooting of different culture medium treatments

培养基	生根时间/d	平均根数/条	平均根长/cm	生根率/%	根长势
MS	18 ± 1.000 0 aA	1.87 ± 0.243 3 bA	0.69 ± 0.261 5 bA	60.11 ± 0.036 5 bB	细弱
1/2 MS	15 ± 1.000 0 bA	2.66 ± 0.308 1 aA	1.64 ± 0.550 5 aA	90.20 ± 0.026 5 aA	健壮
1/4 MS	15 ± 1.000 0 bA	2.49 ± 0.507 1 aA	1.31 ± 0.183 6 abA	85.81 ± 0.025 2 aA	较健壮

注:不同的大写和小写字母表示在 0.01 和 0.05 水平上的差异显著性,下同。

表 3 不同质量分数的活性炭对非洲菊不定芽生根的影响

Table 3 Gerbera in rooting of adventitious buds from different activated carbon concentration

活性炭/%	生根时间/d	平均根数/条	平均根长/cm	生根率/%	叶片颜色
0	16 ± 1.000 0 aA	2.58 ± 0.280 5 bB	1.69 ± 0.180 3 bB	89.90 ± 0.024 9 bA	淡绿色
0.1	12 ± 1.000 0 bB	3.86 ± 0.566 7 aA	1.83 ± 0.096 4 bAB	92.73 ± 0.023 7 abA	绿色
0.2	10 ± 1.000 0 cB	4.02 ± 0.130 8 aA	2.15 ± 0.121 7 aA	94.07 ± 0.022 5 aA	浓绿色
0.3	10 ± 1.000 0 cB	4.21 ± 0.217 0 aA	2.13 ± 0.086 6 aA	95.91 ± 0.019 2 aA	浓绿色

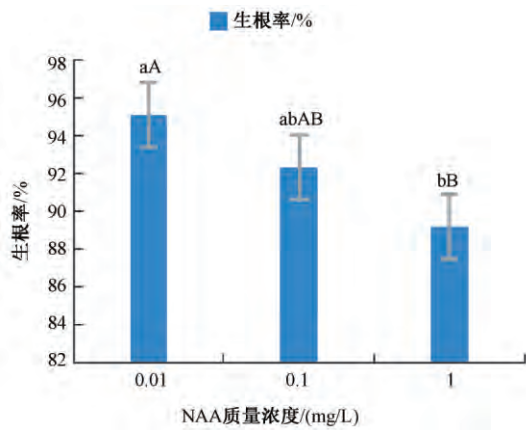


图 1 不同质量浓度的 NAA 对生根率的影响  
 Fig. 1 The effects of different concentration of NAA on the rooting rate

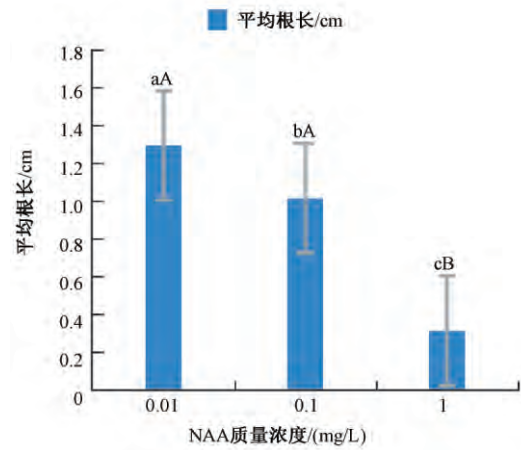


图 3 不同质量浓度的 NAA 对根长的影响  
 Fig. 3 The effects of different concentration of NAA on the root length

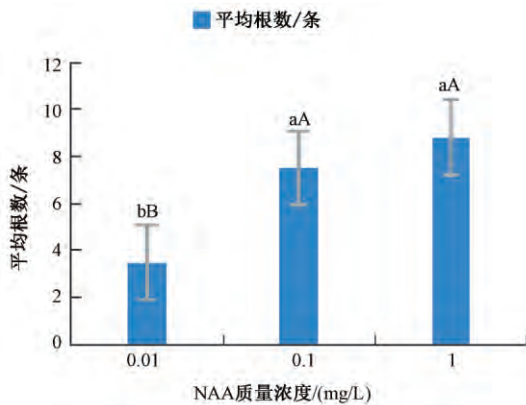


图 2 不同质量浓度的 NAA 对根数的影响  
 Fig. 2 The effects of different concentration of NAA on the root number

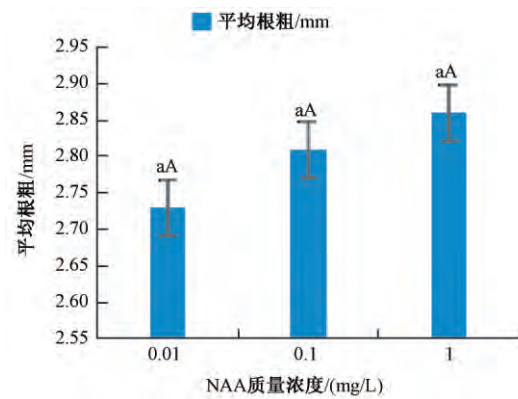


图 4 不同质量浓度的 NAA 对根粗的影响  
 Fig. 4 The effects of different concentration of NAA on the root diameter

图 3 显示 3 种不同质量浓度的 NAA 对苗的平均根长的影响较大, NAA 质量浓度为 0.01 mg/L 时苗的平均根长最大, 0.10 mg/L 时次之, 1.00 mg/L 时最短。图 4 显示 3 种不同质量浓度的 NAA 对苗的平均根粗的影响无明显差异, NAA 质量浓度 1.00 mg/L 时苗的平均根粗值最大, 0.10 mg/L 时次之, 0.01 mg/L 时最小。

图 5 显示, 不同 NAA 质量浓度对根平均鲜重的影响无明显差异, NAA 质量浓度为 0.10 mg/L 时的平均鲜重最重, 0.01 mg/L 时次之, 1.00 mg/L 时最轻。图 6 显示, 不同 NAA 质量浓度对苗的平均新生叶片数影响较大, NAA 质量浓度为 0.10 mg/L 时新生叶片数最多, 和 0.01 mg/L 时新生叶片数差异不明显, 1.00 mg/L 时新生叶片数最少。

经比较, 在 0.10 mg/L 处理下, 非洲菊组培苗根平均鲜重、平均新生叶片数均达到最大值; 在根长与根粗方面, 0.01 mg/L 处理下, 根长达到最大

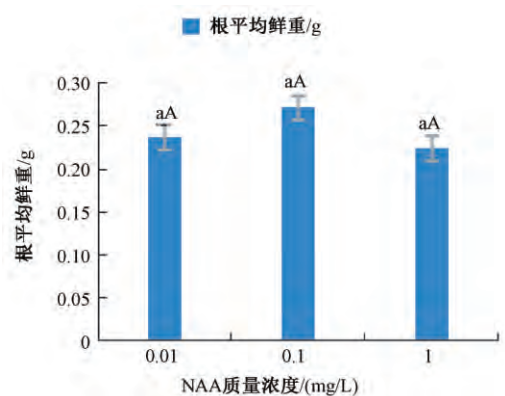


图 5 不同质量浓度的 NAA 对根平均鲜重的影响  
 Fig. 5 The effects of different concentration of NAA on the average fresh weight of roots

值但根粗值较小, 1.00 mg/L 处理下, 根粗达到最大值但长度不足, 在 0.10 mg/L 处理下, 根肥大粗壮且长度适中; 在生根率和平均生根数方面, 0.10

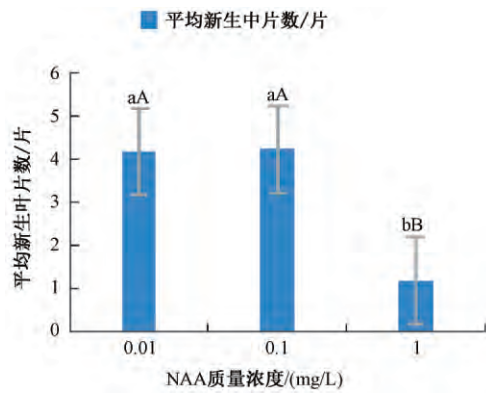


图 6 不同质量浓度的 NAA 对新生叶片数的影响

Fig. 6 The effects of different concentration of NAA on the number of newborn leaves

mg/L 处理下虽未达到最大值,但它与出现最大值的处理之间并无显著差异,因此,NAA 质量浓度为 0.10 mg/L 时最适于非洲菊生根。

#### 2.4 不同光源处理对非洲菊组培苗生长的影响

由表 4 可知,LED 和 CCFL 光源处理下,组培苗叶长显著高于对照(荧光灯)处理;LED 和对照处理下,组培苗根数显著高于 CCFL 处理;在根长方面,CCFL 处理下出现最大值 2.30 cm,LED 处理次之,为 2.25 cm,均显著优于对照处理;在根数方面,对照处理出现最大值 5.21 条,LED 处理次之,为 4.53 条,二者均显著优于 CCFL 处理;在株高、叶数和叶幅方面,3 个处理间无显著差异。

由表 5 可得,LED 光源处理下,非洲菊组培苗地下部鲜质量和整株鲜质量均显著优于其他处理,对照处理次之;地上部鲜质量 LED 处理与对照组无显著差异,显著优于 CCFL 处理;对照处理下,非洲菊组培苗整株干质量与地上部干质量显著优于其他处理,LED 处理次之;地下部干质量对照处理与 LED 处理无明显差异,均显著优于 CCFL 处理。

表 4 不同光源处理对非洲菊组培苗形态的影响

Table 4 Effect of different light type on the morphology of Gerbera plantlets

光源类型	株高/cm	平均叶数/片	叶长/cm	叶幅/cm	平均根数/条	平均根长/cm
LED	4.05 ± 0.070 0 aA	7.67 ± 0.499 6 aA	1.14 ± 0.088 9 aAB	0.96 ± 0.385 1 aA	4.53 ± 0.604 0 aAB	2.25 ± 0.173 5 aA
CCFL	3.79 ± 0.471 6 aA	7.68 ± 0.571 1 aA	1.21 ± 0.020 0 aA	1.01 ± 0.282 1 aA	3.27 ± 0.302 7 bB	2.30 ± 0.130 0 aA
CK	4.01 ± 1.394 4 aA	7.13 ± 0.755 0 aA	1.01 ± 0.020 0 bB	1.03 ± 0.222 7 aA	5.21 ± 0.700 6 aA	1.41 ± 0.131 1 bB

表 5 不同光源处理对非洲菊组培苗鲜重、干重的影响

Table 5 Effect of different light treatment of Gerbera plantlets on the fresh weight and dry weight

光源类型	鲜质量/mg			干质量/mg		
	整株	地上部	地下部	整株	地上部	地下部
LED	309.08 ± 0.830 7 aA	194.25 ± 1.412 6 aA	114.83 ± 0.957 9 aA	29.06 ± 1.040 1 bB	19.35 ± 0.961 5 bA	9.71 ± 0.757 2 aA
CCFL	145.98 ± 3.515 8 cC	119.17 ± 0.793 7 bB	27.81 ± 1.030 1 cC	14.23 ± 1.368 6 cC	10.97 ± 1.371 0 cB	3.26 ± 0.308 1 bB
CK	282.73 ± 2.078 7 bB	192.87 ± 1.345 4 aA	89.86 ± 1.367 4 bB	34.62 ± 1.519 9 aA	24.49 ± 2.745 3 aA	10.13 ± 1.471 5 aA

#### 2.5 不同移栽基质对非洲菊幼苗生长的影响

由表 6 可以看出,不同移栽基质中对成活率、株高和根系的生长状况的影响差异显著,移栽 30 d 后,在 A2(珍珠岩)中移栽成活率最低,A5(1/2 蛭石 + 1/2 草炭)和 A1(蛭石)次之,A3(草炭)、A4(1/2 蛭石 + 1/2 珍珠岩)和 A6(1/2 珍珠岩 + 1/2 草炭)3 个处理中成活率均较高,且三者直接无显著差异。在株高与根长方面,地上部生长量(株高)为 A3 > A6 > A4 > A1 > A5 > A2,地下部生长量(根长)为 A6 > A5 > A3 > A2 > A4 > A1,地上部和地下部生长量均较高的处理为 A6(1/2 珍珠岩 + 1/2 草炭)和 A3(草炭),其中,A6 处理时,幼苗的株高和根长值最大,分别为 4.51 cm 和 13.27 cm,此时的苗叶色和粗壮程度也明显优于其他组幼苗。

由表 7 可以看出,不同移栽基质处理对苗的鲜重和干重的影响很大,在地上部鲜重和地下部鲜重方面,A6 和 A3 处理中质量最高,且 A6 处理明显优于 A3 处理;在地上部干重方面,质量较高的 3 组处理为 A6 > A3 > A4,且 A6 明显优于其他处理;在地下部干重方面,质量较高的 3 组处理为 A4 > A3 > A6,A4 处理中地下部干重质量最大,A3 和 A6 处理间差异不明显。在移栽苗地上和地下根冠比方面,可以看到,A2 和 A4 处理中根冠比值均较大,说明珍珠岩对非洲菊移栽苗的根的生长有显著的促进作用;在 A6 栽培基质中,根冠比值很小,但是综合其他指标可以发现,A6 栽培基质对地上和地下部分的生长起着几乎相同的促进作用,两部分同样生长健壮,A4 栽培基质和 A6 栽培基质效果相差不大;A1 和 A5 栽培基质对根冠比的影响也较大,但不及其他处理的效果。经过综合筛选,A6 移栽基质与其他基质相比,成活率、株高、地上和地下部分的生长状况均优于其他处理,是非洲菊移栽最佳基

质配方。

表6 不同移栽基质处理对非洲菊组培苗生长的影响

Table 6 Effect of different substrates on the growth of Gerbage plantlets

基质类型	成活率/%	平均株高/cm	平均根长/cm	叶色	长势
A1	93.31 ± 1.082 8 bcAB	3.82 ± 0.476 3 abAB	3.76 ± 0.944 1 cC	绿	细弱
A2	89.72 ± 1.366 3 dB	2.64 ± 0.570 0 cB	8.11 ± 1.600 5 bB	黄	细弱
A3	95.38 ± 1.294 1 abA	4.54 ± 0.642 1 aA	12.31 ± 1.533 5 aA	油绿	健壮
A4	96.70 ± 0.890 2 aA	3.98 ± 0.931 8 abAB	4.03 ± 0.236 4 cC	绿	较健壮
A5	90.34 ± 1.289 9 cdB	3.48 ± 0.222 7 bcAB	12.33 ± 0.541 1 aA	绿	较健壮
A6	97.11 ± 1.115 2 aA	4.51 ± 0.472 9 abA	13.27 ± 1.412 4 aA	油绿	健壮

表7 不同移栽基质处理对非洲菊组培苗鲜重、干重及根冠比的影响

Table 7 Effect of different substrates on the fresh weight, dry weight and root/shoot rate of Gerbage plantlets

基质类型	地上鲜重/mg	地下鲜重/mg	地上干重/mg	地下干重/mg	根冠比(鲜重)	根冠比(干重)
A1	312.13 ± 5.767 2 eD	107.58 ± 6.864 0 eD	36.03 ± 0.918 2 eE	13.11 ± 0.131 1 eE	0.345	0.364
A2	341.09 ± 9.792 1 dD	173.19 ± 4.396 8 dC	44.93 ± 0.852 5 dD	23.99 ± 0.850 8 cC	0.508	0.534
A3	540.87 ± 9.597 6 bB	231.82 ± 8.086 7 bA	74.31 ± 0.989 6 bB	35.03 ± 0.734 3 bB	0.429	0.471
A4	423.82 ± 5.942 2 cC	169.84 ± 3.256 6 dC	54.30 ± 0.775 8 cC	40.87 ± 0.668 4 aA	0.401	0.753
A5	320.06 ± 8.820 9 deD	199.87 ± 7.481 1 cB	46.21 ± 0.787 1 dD	18.98 ± 0.663 4 dD	0.624	0.411
A6	871.74 ± 9.397 0 aA	253.05 ± 4.825 7 aA	103.25 ± 1.202 0 aA	31.76 ± 0.954 4 bB	0.290	0.308

### 3 讨论与结论

1) 在诱导非洲菊试管苗生根阶段,恰当的培养基、激素质量浓度及其组合的选择是影响诱导效果的关键因素<sup>[10]</sup>。本试验结果表明,组培苗在无激素的MS、1/2 MS、1/4 MS培养基上均可生根,但相较于MS培养基,1/2 MS和1/4 MS培养基提前3 d生根,且根的生长较快,根量较多,粗细均匀,1/4 MS培养基和1/2 MS培养基相比,在生根效果上差异不显著,但根生长不如1/2 MS培养基上健壮,因此,1/2 MS培养基的生根效果优于MS和1/4 MS培养基,这和郑秀芳等<sup>[11]</sup>对非洲菊花托培养的研究结果一致。通过不同质量浓度生长素诱导非洲菊生根的试验,初步确定了1/2 MS + 0.4 mg/L IBA的培养基中添加0.1 mg/L NAA,生根率较高,根量适中,根系粗壮,这与何家涛<sup>[12]</sup>、张孟仁等<sup>[13]</sup>的研究结果相符合,但与高绍良等<sup>[14]</sup>的研究结果有一定差异,可能是由于非洲菊品种及培养条件的不同,从而造成试验结果的差别。

2) 在非洲菊组培苗生根处理期间,在生根培养基中添加活性炭促进了不定根的诱导,大大缩短了生根时间,生根率、根长和生根数均有所提高,这与Dumas等<sup>[15]</sup>对活性炭促生根效果的研究一致。余晓丽等<sup>[16]</sup>在野生蔷薇离体生根培养基中加入0.2%的活性炭,其生根效果最好;在樱花生根培养基中加入0.2%的活性炭后,根系较长,白色有韧性,试管苗移栽后新根发生快,质量好,成活率高<sup>[17]</sup>。在本试验中,添加0.2%~0.3%的活性炭

诱导生根效果最好,与余晓丽等<sup>[16]</sup>、刘青林等<sup>[17]</sup>对活性炭使用的研究结果相符合。活性炭促进不定芽生根和生长的原因可能是活性炭为根提供了近似自然生长条件下的暗黑环境,组培苗根系有避光生长的特性,故黑暗条件下能够促进根性生长,并且活性炭还可以吸附培养基内有毒物质、降低离子浓度、防止褐变、抑制生长素的光氧化作用,从而间接促进了根的生长。但在活性炭对红叶石楠的研究中发现,低质量分数的活性炭(0.3%)比高质量分数的活性炭(0.5%)作用效果更好,其原因可能是活性炭可以吸附生长素类物质,降低其作用效果<sup>[18]</sup>。可见活性炭在组培生根中也具有两面性。前人大多采用生长素类诱导菊科植物组培苗生根<sup>[13,19]</sup>,现如今利用活性炭诱导非洲菊组培苗生根取得了很好的效果,且与生长素相比,取材容易,使用简便,适合大规模非洲菊试管苗的生产和推广。

3) 光不但为植物光合作用提供能量,而且还作为环境信号调节着植物的发育过程<sup>[20]</sup>。通过本次试验发现:LED和CCFL光源处理下,组培苗叶长优于对照(荧光灯)处理,在根长方面,CCFL光源处理下出现最大值,LED次之,均显著优于对照处理,表明LED和CCFL光源利于组培苗叶片和根的生长,这与陈星星等<sup>[7]</sup>对白掌组培苗的研究结果一致。在评论幼苗植株生长质量的优劣时,不能只看它的形态指标,在各种光源处理对非洲菊质量的影响方面,可以发现,LED处理下非洲菊组培苗各部分鲜重及干重均显著优于CCFL处理,有机物积累量更高,更符合壮苗标准。因此,根据本试验可以

得出,LED 光源是非洲菊组培苗生长发育的最适光源。与传统组织光源荧光灯相比,发光二极管(LED)具有可根据需求调控获得特定峰值的纯正单色光或复合光谱的突出优势,能够为光质生物学的研究提供便利和精确性<sup>[21-22]</sup>。随着技术的不断发展,LED 制造成本不断降低,其光效高、发热低、体积小、寿命长,具有集约化生产中替代传统光源的潜力,具有良好的应用前景。

4) 组培苗由组织培养到移栽大田,植株经历一个由异相阶段过渡到自养阶段的过程,植株体内要发生一系列变化适应环境的变化,不同栽培基质的保水能力和透气能力不同,对非洲菊幼苗移栽后能否成活及生长速度有重要的影响<sup>[23]</sup>。在不同基质对非洲菊幼苗的影响的试验中,采用草炭土或 1/

2 草炭土 + 1/2 珍珠岩作基质,非洲菊试管苗均可获得较好的试验效果,然而纯草炭土栽培非洲菊,虽然苗期生长健壮,但定植半年后植株容易感病,成活率低。因此,在本试验中,1/2 草炭土 + 1/2 珍珠岩是非洲菊组培苗的最佳育苗基质。这与于立芝等<sup>[23]</sup>和田生辉等<sup>[24]</sup>的结论相似。非洲菊更适宜在疏松透气、保水性能好、营养适宜的基质中生长,草炭土为纯天然生态环保基质,含有丰富的有机酸和腐殖酸,能给植物生长提供充足的养分,而珍珠岩能提高土壤的透气性和保水保肥能力,可有效改善非洲菊根部生长环境,促进其生长发育,且价格低廉,因此可以作为非洲菊组培苗工厂化生产的基质配方。

#### [参考文献]

- [1] 董晓华. 非洲菊的栽培技术[J]. 北方园艺, 2002(3): 30-31.
- [2] 戴云新, 张健, 李敏, 等. NAA 和 IBA 对非洲菊组培苗生长的影响[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(19): 8845-8847.
- [3] 熊丽, 吴丽芳. 观赏花卉的组织培养与大规模生存[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [4] 陈晨甜, 吕长平, 陈建, 等. 不同配比混合基质对非洲菊生长和开花的影响[J]. 湖南农业大学学报, 2009, 35(6): 657-659.
- [5] 陈春云. 非洲菊切花优质高产栽培技术[J]. 湖南林业科技, 2007, 34(2): 50-51.
- [6] 闫新房, 丁林波, 丁义. 光源在植物组织培养中的应用[J]. 中国农学通报, 2009, 25(12): 42-45.
- [7] 陈星星, 徐明辉, 何松林. 新型发光二极管(LED)下白掌组培苗移栽后生长移栽后生长状况研究[J]. 中国农学通报, 2014, 30(19): 196-200.
- [8] Nhut D T, Takamura T, Watanabe H. Responses of strawberry plantlets cultured in vitro under superbright red blue light-emitting diodes (LEDs) [J]. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 2003, 73(1): 43-52.
- [9] Tanaka M, Norikane A, Watanabe T. Cold cathode fluorescent lamps (CCFL): Revolutionary light source for plant micropropagation [J]. Biotechnology & Biotechnological Equipment, 2009, 23(4): 1497-1503.
- [10] 成晟, 罗福来, 钟定业, 等. 切花非洲菊组织培养及快速繁殖研究[J]. 分子植物育种, 2016, 14(3): 693-698.
- [11] 郑秀芳, 李名扬. 非洲菊花托培养和植株再生[J]. 西南农业大学学报(自然科学版), 2001, 23(2): 171-173.
- [12] 何家涛. 非洲菊花托离体繁殖的研究[J]. 西北农业学报, 2005, 14(6): 109-111.
- [13] 张孟仁. IBA 和 NAA 处理菊花扦插生根试验[J]. 北方园艺, 2008(9): 130-131.
- [14] 高绍良, 周寒松, 张素芳. 非洲菊组织培养基筛选研究[J]. 中国农学通报, 2010, 26(7): 210-213.
- [15] Dumas E, Monteuis O. In vitro rooting of micropropagated shoots from juvenile and mature Pinus pinaster explants-influence of activated charcoal [J]. Plant Cell Tissue Org Cult, 1995(40): 231-235.
- [16] 余晓丽, 王世茹, 褚学英. 野生黄蔷薇离体培养再生体系的建立[J]. 江苏农业科学, 2007(3): 117-118.
- [17] 刘青林, 马祎, 郑玉梅. 花卉组织培养[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [18] 王会. 红叶石楠组培苗生根培养的研究[J]. 北方园艺, 2007(10): 178-180.
- [19] 王自布, 莫国秀, 罗会兰, 等. 菊花不同外植体组培快繁及其再生体系的研究[J]. 北方园艺, 2015(18): 106-109.
- [20] 苏君伟. 不同类型光源对切花菊花芽分化抑制效果及开花品质的影响[J]. 北方园艺, 2012(5): 61-64.
- [21] Gupta S D, Jatothu B. Fundamentals and applications of light-emitting diodes (LEDs) in in vitro plant growth and morphogenesis [J]. Plant Biotechnol Rep, 2013(7): 211-220.
- [22] 周鹏, 张敏. LED 光质对植物组织培养影响研究进展[J]. 江苏林业科技, 2016, 43(4): 44-48.
- [23] 于立芝, 李兴佐, 刘艳红, 等. 影响非洲菊组培苗移栽因素的研究[J]. 现代农业科技, 2006(8): 6-7.
- [24] 田生辉. 非洲菊组培苗炼苗技术优化[J]. 黑龙江农业科学, 2013(11): 75-77.

(责任编辑 李亚青)