

栽培基质对多花黄精组培苗生长的影响

饶宝蓉¹, 刘忠辉¹, 周先治^{2,3*}, 陈泳和^{1*}, 谢冬容¹, 陈木兰⁴, 陈琦辉⁴

1. 福建省南平市农业科学研究所, 福建 建阳 354200

2. 福建省农业科学院农业生物资源研究所, 福建 福州 350003

3. 农业农村部福州热带作物科学观测实验站, 福建 福州 350003

4. 福建省南平市建阳区农业农村局, 福建 建阳 354200

摘要: **目的** 研究解决多花黄精 *Polygonatum cyrtoneura* 组培苗移栽后成苗率低、长势差和叶部病害危害等问题。**方法** 以多花黄精组培苗为实验材料, 采用福建地区生产上常用的 2 种商品基质和以泥炭土、珍珠岩、蛭石、沙、菌渣、草木灰为原料自行配制的 6 种基质, 其中 T5 和 T7 基质中添加专用的育苗营养液。测定不同基质的理化特性, 研究不同基质对多花黄精组培苗成苗率、生物学性状、生长量、壮苗指数、叶部病害发病率的影响, 探索不同栽培基质理化特性与多花黄精组培苗生物学性状、生长量、壮苗指数的相关性。**结果** 不同的栽培基质对多花黄精组培苗的成苗率、形态指标、生长量、评价指标和叶部病害发病率影响较大, 不同基质容重与多花黄精组培苗株高存在显著负相关, 不同基质有机质含量同多花黄精组培苗全株鲜质量、干质量存在显著正相关。自行配制的 T5 基质处理的多花黄精组培苗成苗率、形态指标、壮苗指数优于其他基质, 植株生长健壮, 未发现叶部病害。**结论** 自行配制的 T5 基质可作为多花黄精组培苗栽培基质推广应用。

关键词: 多花黄精; 组培苗; 栽培基质; 壮苗指数; 成苗率

中图分类号: R282.6 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2020)24-6337-08

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2020.24.024

Influence of cultivation medium on growth of tissue cultured seedlings of *Polygonatum cyrtoneura*

RAO Bao-rong¹, LIU Zhong-hui¹, ZHOU Xian-zhi^{2,3}, CHEN Yong-he¹, XIE Dong-rong¹, CHEN Mu-lan⁴, CHEN Qi-hui⁴

1. Fujian Nanping Institute of Agricultural Science, Nanping 354200, China

2. Agricultural Bio-resources Research Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350003, China

3. Scientific Observation and Experiment Station of Fuzhou Tropical Crops, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Fuzhou 350003, China

4. Fujian Nanping Bureau of Agriculture and Rural Affairs, Nanping 354200, China

Abstract: Objective To find a solution to the problems in the growth of tissue cultured seedlings of *Polygonatum cyrtoneura*, such as low seedling survival rate, poor growth, and leaf disease. **Method** In this study, tissue cultured seedlings of *P. cyrtoneura* were used as testing plants. Two types of commercially-available cultivation medium commonly used in Fujian Province, as well as six types of cultivation medium mixed using peat soil, perlite, roseite, sand, fungi residues and plant ash were used as the raw materials; Among them, a customized nutrient solution was added into the T5 and T7 cultivation media. Besides measuring the physicochemical properties of the cultivation media mentioned above, the study focused on the evaluation of their influence on the rate of grown-up seedlings, biological characteristics, growth biomass, strength index and incidence of leaf disease of *P. cyrtoneura*. It also attempted to find the correlation between the physicochemical properties of the cultivation media and the biological characteristics, growth biomass, as well as the strength index of tissue cultured seedlings of *P. cyrtoneura*. **Results** The difference in the cultivation

收稿日期: 2020-03-06

基金项目: 福建省科技计划引导性项目 (2018N0072); 福建省农业科学院药用植物创新团队项目 (STIT2017-2-8); 标准化项目 (FSF9-29)

作者简介: 饶宝蓉, 女, 硕士, 助理研究员, 主要从事经济作物育种研究。E-mail: rongbr@126.com

*通信作者 周先治, 男, 助理研究员, 主要从事中药材栽培技术研究。Tel: (0591) 87410081 E-mail: xianzhizhou@126.com

陈泳和, 男, 高级农艺师, 主要从事经济作物育种研究。Tel: 13706906919 E-mail: 190866963@qq.com

media had a great influence on the tissue cultured seedlings of *P. cyrtonea* in the rate of grown-up seedlings, biological characteristics, growth biomass, strength index and incidence of leaf disease. The difference in bulk density of the cultivation media had a notable negative correlation with the plant height of the tissue cultured seedlings of *P. cyrtonea*. The difference in the organic content of the cultivation media had a notable positive correlation with the fresh weight and dry weight of the tissue cultured seedlings of *P. cyrtonea*. Treated with the T5 cultivation medium we prepared, the tissue cultured seedlings of *P. cyrtonea* were in better growing condition in the rate of grown-up seedlings, morphological index, growth biomass, strength index, and no disease was found on the leaf.

Conclusion The prepared T5 was worth being widely used as the cultivation medium for growth of tissue cultured seedlings of *P. cyrtonea*.

Key words: *Polygonatum cyrtonea* Hua; tissue cultured seedling; cultivation medium; strength index; seedling survival rate

多花黄精 *Polygonatum cyrtonea* Hua 是百合科 (Liliaceae) 黄精属 *Polygonatum* Mill. 的多年生草本植物, 是黄精药材的基原物种之一^[1-2]。地下根茎为多花黄精的主要药用部位, 是酒黄精炮制和其保健品的主要原料。黄精含有多糖、黄酮、皂苷、木质素、氨基酸等多种化学成分, 其中多糖是其主要活性成分。黄精具有补气养阴、健脾、润肺、益肾的功效, 常用于脾虚胃弱、体倦乏力、口干食少、肺虚燥咳、精血不足、内热消渴^[3-6]。随着市场对黄精需求量的增加和黄精药材价格的不断攀升, 野生多花黄精滥挖滥采现象十分严重, 导致多花黄精野生资源的日趋匮乏, 人工栽培是解决多花黄精产业可持续发展的有效途径。

种苗繁育是多花黄精人工栽培首要解决的问题, 目前多花黄精的种苗繁育主要是依靠种子繁殖^[7-9]和根茎繁殖^[10-11], 种子繁殖的繁殖系数较高, 但生长周期长, 与根茎繁殖相比种子繁育的收获时间推迟 3 年左右^[12]; 根茎繁殖操作简单, 生长周期短, 但繁殖系数较低, 种茎用量大, 土传病害较为严重^[12]。利用植物组培技术进行种苗繁殖逐步成为解决多花黄精种苗短缺的有效方法。与种子、根茎育苗相比, 组培技术具有 2 个方面的优势: 第一, 繁殖速度快, 组培育苗周期为 6 个月左右, 根茎育苗周期为一年左右; 第二, 组培育苗可实现周年培养, 繁殖系数高, 种苗病害少^[12-13]。

有关多花黄精组培快繁方面取得了诸多进展, 培养基研究方面, 多花黄精芽诱导、增殖和生根培养基以 MS 或 1/2MS 为基础培养基, 在此基础上添加适量的吲哚乙酸 (IAA)、萘乙酸 (NAA)、6-苄氨基嘌呤 (6BA)、二氯苯氧乙酸 (2,4-D)、赤霉素 (GA₃)、激动素 (KT) 等生长调节剂或活性炭^[13-21]。周新华等^[16]研究了大量元素对多花黄精不定芽生长和次生代谢物含量的影响, 研究发现培养基中硝酸铵和硝酸钾浓度为 MS 培养基标准浓度的 1.5 倍时最适合多花黄精根茎芽生长, 磷酸二氢钾、硫酸镁和氯化钙

浓度为 MS 培养基标准浓度的 2 倍; 培养基中磷酸二氢钾浓度为 MS 培养基标准浓度的 2 倍最适合多花黄精总多糖合成。外植体选择方面, 根茎^[13]、不定芽^[14-15]、成熟种子^[18-19]、荚果^[20]可作为外植体, 但 Zhao 等^[14]研究发现只有以不定芽作为外植体能生成再生植株。3~4 月是外植体采集的最佳时期, 其生长势和腋芽的萌发表现最佳, 平均萌发腋芽 6.6 个^[13]。但多花黄精组培苗栽培基质方面还未见研究报告, 多花黄精组培苗生长在无菌条件, 水分、营养条件充足, 导致多花黄精组培苗对外界环境的适应性和抗病性较差, 移栽后的多花黄精组培苗易出现黄化, 炭疽、叶斑、叶枯等病害影响多花黄精组培苗的生长, 导致植株地上部分过早枯萎或倒伏。因此, 在生产中, 栽培基质成为多花黄精组培苗移栽是否成功的重要因素。本实验以多花黄精组培苗为材料, 自行配制栽培基质, 以商品基质为对照, 测定不同栽培基质的理化特性, 研究不同栽培基质对多花黄精组培苗生长的影响, 探索不同栽培基质理化特性与多花黄精组培苗生长的相关性, 以期有多花黄精组培苗的移栽提供实践依据。

1 材料与仪器

1.1 材料

实验材料源于福建省南平市农业科学研究所林下经济开发室室内自行组培的多花黄精 *P. cyrtonea* Hua 组培苗, 由福建省农业科学院陈敏健副研究员鉴定。超大育苗基质 (超大农资科技集团), 该基质由鱼粉、骨粉、豆粕、菜粕等优质有机物料在酵素菌的作用下经 3 次发酵而成, 总养分 ≥ 6.0 ; 新峰农业基质 (福州新峰农业良种有限公司), 该基质由泥炭土、珍珠岩、蛭石按比例混合而成, 总养分 ≥ 6.0 ; 10%苯醚甲环唑水分散剂 (先正达生物科技 (中国) 有限公司); 50%多菌灵可湿性粉剂 (江阴福达农化股份有限公司); 泥炭土、珍珠岩、沙、蛭石购自建阳市场; 菌渣为南平市农业科学研究所食用菌科室栽培食用菌

用过的废弃菌棒去掉塑料壳后的剩余物,草木灰为稻草焚烧后的产物。

1.2 试剂及仪器

MS 培养基、IBA、NAA、2,4-D (北京科博赛尔科技有限公司)。DL91150 型数显游标卡尺 (宁波得力工具有限公司), 便携式电子天平 (奥豪斯仪器有限公司), Yaxin-1242 型叶面积仪 (北京雅欣理仪科技有限公司)。

2 方法

2.1 基质配制

实验设 8 个基质, T1 基质为新峰农业基质, T2 基质为超大育苗基质, T3 基质为泥炭土, T4 基质为菌渣, T5、T6、T7 和 T8 基质为自行配制基质, 其中 T5 和 T7 基质有添加专用育苗营养液, 具体配比见表 1。

表 1 供试基质配方

Table 1 Cultivation medium formulas

基质	泥炭土	珍珠岩	菌渣	沙	蛭石	草木灰	专用育苗 营养液
T5	9	3	—	3	—	1	+
T6	3	1	—	—	1	—	—
T7	—	—	1	1	1	—	+
T8	—	—	1	1	—	—	—

“—”表示未添加; “+”表示有添加

“—”represents no added, “+”represents added

蛭石过 80 目筛, 泥炭土、珍珠岩、菌渣、沙、蛭石、草木灰经高温消毒, 冷却至室温备用。专用育苗营养液配方: MS+0.1 mg/L 6-BA+0.3 mg/L NAA+1.0 mg/L 2,4-D+125.0 mg/L 苯醚甲环唑+625.0 mg/L 多菌灵, 其中 6-BA、NAA 和 2,4-D 的浓度在文献报道^[19]的基础上经正交优化确定, 苯醚甲环唑和多菌灵为田间最低推荐施用剂量。多花黄精组培苗移栽前, 将专用育苗营养液均匀喷淋到相应基质中, 基质含水量调整至 20%左右, 备用。

2.2 基质理化性质测定

参照郭世荣^[22]的方法测定不同基质的理化特性, 物理特性指标主要包括容重、总孔隙

度、持水孔隙度、通气孔隙度、水气比; 化学性质主要包括有机质含量、pH 值、电导率、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾。

2.3 实验设计和组培苗生物学性状指标测定

以 3 年生健康无病害的多花黄精地下块茎作为外植体, 在 0.1% 升汞下消毒无菌后, 经瓶内诱导分化到增殖生根培养多代扩繁的多花黄精组培块茎苗用于基质栽培筛选实验, 实验用苗标准, 块茎均有 1~2 个芽头, 根 3 条或以上。块茎诱导分化增殖培养基为 MS+6-BA 1.0 mg/L+GA₃ 0.2 mg/L, 增殖时间为 15~20 d; 生根阶段培养基为 MS+NAA 0.3 mg/L, 生根培养时间 45~60 d 为宜。多花黄精组培苗于 2019 年 1 月 10 日栽植, 实验采用随机区组设计, 实验小区长 6.0 m、宽 1.0 m, 株行距 20 cm×20 cm, 每个小区栽植多花黄精组培苗 150 株, 每个处理重复 3 次。统计成苗率和炭疽病、叶斑病、叶枯病的病株率。

成苗率=成活苗数/栽植苗数

病株率=发病苗数/栽植苗数

随机选取 30 株苗, 分别用直尺、游标卡尺、叶面积仪、天平等测定株高、茎粗、叶片数、叶面积、根数、根长、全株鲜质量, 鲜质量测完后, 60 °C 烘干, 称量全株干质量, 计算壮苗指数^[23]。

壮苗指数=茎粗/株高×全株干质量

2.4 数据统计与分析

采用 DPS7.05 软件对数据进行方差分析 (AVONA) 和相关性分析。差异显著性采用 LSD 检验法进行多重比较, 确定不同基质对多花黄精组培苗生长的影响及不同基质的理化特性与多花黄精组培苗生物学性状指标、生长量、壮苗指数的相关性。采用 Excel 2010 进行数据处理和图表绘制。

3 结果与分析

3.1 不同基质的理化特性

由表 2 可知, 8 种基质的容重在 0.16~1.61 g/cm³,

表 2 不同基质的物理特性

Table 2 Physical properties of different cultivation mediums

基质	容重/(g·cm ⁻³)	总孔隙度/%	通气孔隙度/%	持水孔隙度/%	水气比
T1	0.75	70.7	15.2	55.5	3.65
T2	0.36	76.3	20.4	55.9	2.74
T3	0.22	70.0	17.6	52.4	2.98
T4	1.61	36.0	4.4	31.6	7.18
T5	0.74	66.4	16.0	50.4	3.15
T6	0.16	70.2	18.0	52.2	2.90
T7	0.33	55.4	12.6	42.8	3.40
T8	0.86	52.0	7.6	44.4	5.84

自行配制的 T6 基质最低, T4 最高; 8 种基质的总孔隙度在 36.0%~76.3%, T2 最高, T4 的最低; 8 种基质的通气孔隙度在 4.4%~20.4%, T2 的最高, T4 最低; 8 种基质的持水孔隙度在 31.6%~55.9%, T2 最高, T4 的最低; 8 种基质的水气比在 2.00~7.18, T4 最高, T2 最低。

由表 3 可知, T2 基质的有机质质量分数最高为 85.5%, 自行配制的 T8 基质有机质质量分数最低为 23.6%; 8 种基质的 pH 值在 6.06~7.45, T1 基质最高, T7 基质最低; 8 种基质的电导率在 486~2 830 $\mu\text{S}/\text{cm}$, T1 基质最高, T4 基质最低; T1 基质的全氮和全钾含量最高, 自行配制的 T7 基质的全氮含量最低, 自行配制的 T5 基质

全钾含量最低; T4 基质的全磷含量最高, T5 的全磷含量最低; T1 基质的碱解氮、速效磷、速效钾的含量在 8 种基质中最高, 自行配制的 T8 基质的碱解氮含量最低, 自行配制的 T6 基质的速效磷和速效钾含量最低。

3.2 不同基质对多花黄精组培苗叶色及成苗率的影响

由表 4 可知, T1 栽植的多花黄精组培苗叶色偏黄, T2、及自行配制基质 T5、T6、T7 栽植的多花黄精组培苗叶色为正常的绿色, T3、T4 和自行配制的 T8 基质栽植的多花黄精组培苗叶色为淡绿色; T2、T5 和 T6 的成苗率达 95% 以上, 成苗率显著高于其他基质 ($P<0.05$)。

表 3 不同基质的化学特性

Table 3 Chemical properties of different cultivation medium

基质	有机质/%	pH 值	电导率/ $(\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1})$	全氮/%	全磷/%	全钾/%	碱解氮/ $(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$	速效磷/ $(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$	速效钾/ $(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$
T1	42.0	7.45	2 830	1.800	0.513	1.870	990.6	815.3	17 189.8
T2	85.5	6.55	980	0.607	0.530	1.370	680.2	288.0	3 940.0
T3	56.7	6.41	662	0.125	0.095	0.145	78.0	46.5	290.5
T4	75.3	6.33	486	1.240	0.559	0.235	726.5	90.5	178.5
T5	79.3	6.51	766	0.460	0.015	0.087	262.0	99.5	4 950.0
T6	65.6	6.37	826	0.510	0.056	1.100	320.5	29.7	110.5
T7	32.5	6.06	705	0.110	0.085	0.950	60.5	55.0	560.5
T8	23.6	6.21	752	0.131	0.161	0.560	50.5	45.7	480.5

表 4 不同基质对多花黄精组培苗叶色及成苗率的影响

Table 4 Influence of cultivation medium on leaf color and seedling rate of tissue cultured seedlings of *P. cyrtoneura*

基质	叶片颜色	成苗率/%
T1	偏黄	79.33 $\pm$ 3.06 cd
T2	绿	96.67 $\pm$ 1.53 a
T3	淡绿	57.67 $\pm$ 3.06 f
T4	淡绿	91.67 $\pm$ 4.04 b
T5	绿	95.67 $\pm$ 0.58 ab
T6	绿	94.33 $\pm$ 2.08 ab
T7	绿	84.00 $\pm$ 3.61 c
T8	淡绿	72.00 $\pm$ 3.61 e

同列不同字母表示在 0.05 水平差异显著, 下表同

Different letters in the same column represents significantly different ($P<0.05$), the same as following tables

3.3 不同基质对多花黄精组培苗形态指标的影响

3.3.1 不同基质对多花黄精组培苗株高的影响

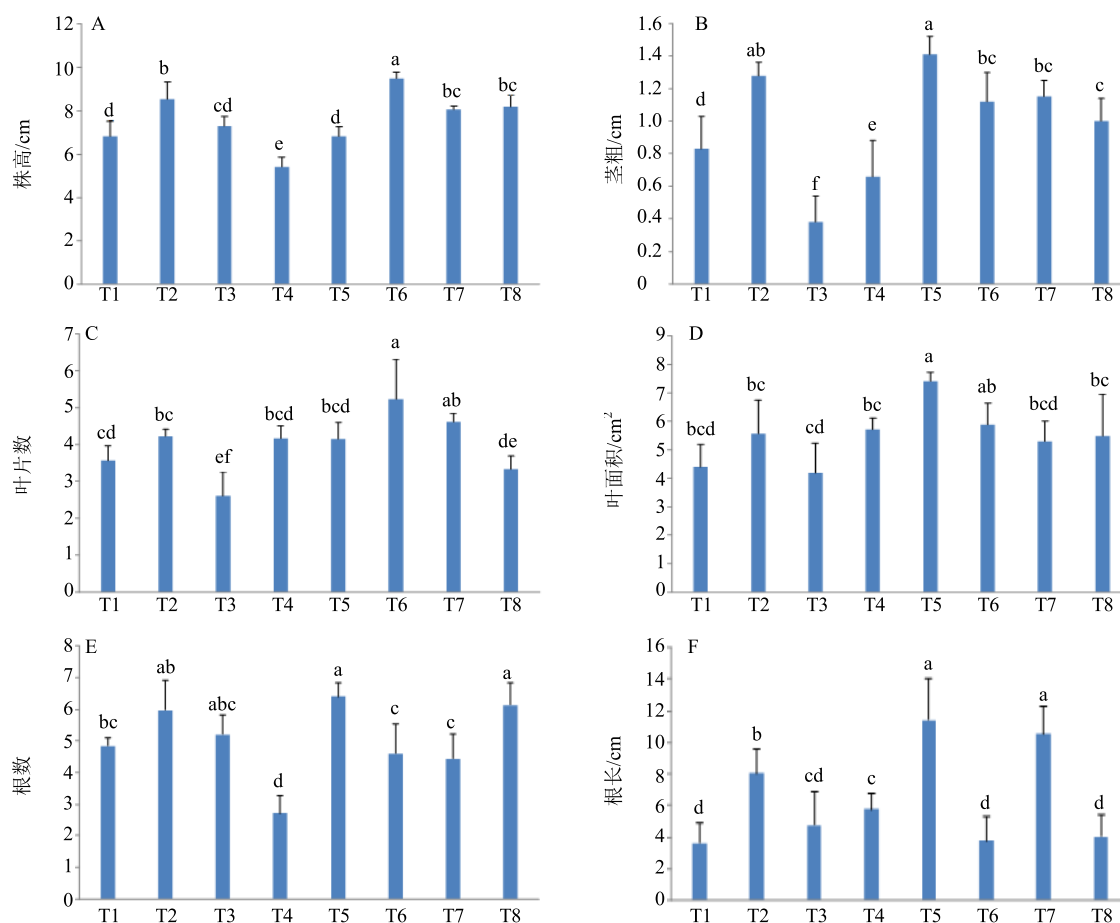
由图 1-A 可知, 不同栽培基质对多花黄精组培苗的株高具有明显影响, 采用不同基质栽植 6 个月后, T6 处理的多花黄精组培苗的株高显著高于其他基质 ($P<0.05$)。

3.3.2 不同基质对多花黄精组培苗茎粗的影响 由图 1-B 可知, 不同栽培基质对多花黄精组培苗的茎粗

具有明显影响, 多花黄精组培苗用不同基质栽植 6 个月后, T2 和 T5 基质的多花黄精组培苗的茎粗差异不显著, 但 T5 基质显著高于其他基质 ($P<0.05$)。

3.3.3 不同基质对多花黄精组培苗叶片数、叶面积的影响 由图 1-C 可知, 不同栽培基质对多花黄精组培苗的叶片数具有明显影响, 多花黄精组培苗用不同基质栽植 6 个月后, T5、T6 基质的多花黄精组苗的叶片数差异不显著, 但 T6 基质显著高于其他基质 ($P<0.05$); 由图 1-D 可知, 不同栽培基质对多花黄精组培苗的叶面积具有明显影响, 多花黄精组培苗用不同基质栽植 6 个月后, T5 与 T6 基质的多花黄精组培苗叶面积相比差异不显著, 但 T5 基质显著高于其他基质 ($P<0.05$)。

3.3.4 不同基质对多花黄精组培苗根长、根数的影响 由图 1-E 可知, 不同栽培基质对多花黄精组培苗的生根数具有显著影响, T5 和 T8 基质的多花黄精组培苗的根数与 T2、T3 基质相比差异不显著, 但显著高于其他基质 ($P<0.05$); 由图 1-F 可知, 不同栽培基质对多花黄精组培苗的根长具有明显影响, 自行配制的 T5 和 T7 基质显著高于其他基质 ($P<0.05$)。



不同字母表示同一指标在不同处理间差异显著, $P < 0.05$

Different letters indicate the same indexes are significantly different in different treatments, $P < 0.05$

图 1 不同基质对多花黄精组培苗形态指标的影响

Fig. 1 Influence of cultivation medium on morphological index of tissue cultured seedlings of *P. cyrtonema*

3.4 不同基质对多花黄精组培苗生长量和壮苗指数的影响

由表 5 可知, 不同基质对多花黄精组培苗的生长量和壮苗指数具有显著影响。T2 以及 T5 和 T6 基质的多花黄精组培苗植株鲜质量和干质量显著高于其他基质 ($P < 0.05$)。自行配制的 T5 基质的壮苗指数显著高于其他基质 ($P < 0.05$)。

3.5 不同基质对多花黄精组培苗叶部病害发病率的影响

不同栽培基质对多花黄精组培苗叶部病害的发病率具有显著影响 (表 6)。自行配制的 T5、T6 和 T7 基质的炭疽病发病率显著低于 T1、T3、T4 和 T8 基质 ($P < 0.05$), 但与 T2 相比差异不显著。T5、T7 栽植的多花黄精组培苗的未发现叶斑病, 与 T6 基质相比叶斑病发病率差异不显著, 但这 2 种基质的叶斑病发病率显著低于其他 5 种基质 ($P < 0.05$);

T2 处理以及自行配制的基质 T5、T6、T7 栽植的多花黄精组培苗的叶枯病发病率显著低于 T1、T3、T4 和 T8 ($P < 0.05$)。

3.6 不同基质的理化特性与多花黄精组培苗生物学性状指标、生长量和壮苗指数相关性分析

不同基质的理化特性与多花黄精组培苗的生物学性状指标、生长量和壮苗指数进行相关性分析, 发现不同基质容重与多花黄精组培苗株高存在显著负相关 ($P < 0.05$), 不同基质有机质含量同多花黄精组培苗全株鲜质量、干质量存在显著正相关 ($P < 0.05$), 见表 7。

4 讨论

栽培基质的物理特性指标容重、总孔隙度、水气比等对多花黄精组培苗的生长具有显著影响。有关栽培基质对多花黄精组培苗生长影响方面还未见报道。郭世荣^[24]认为, 适宜作物生长的基质容重范

表 5 不同基质对多花黄精组培苗生长量和壮苗指数的影响 ($n = 30$)Table 5 Influence of cultivation medium on growth biomass and strength index of tissue cultured seedlings of *P. cyrtonema* ($n = 30$)

基质	全株鲜质量/g	全株干质量/g	壮苗指数
T1	2.87±0.66 e	0.80±0.18 e	0.11±0.02 de
T2	7.09±1.90 a	1.97±0.53 a	0.33±0.09 b
T3	4.13±1.39 bcd	1.15±0.40 bcd	0.08±0.04 e
T4	5.08±1.52 b	1.41±0.43 b	0.22±0.08 c
T5	8.14±1.30 a	2.26±0.36 a	0.48±0.03 a
T6	7.34±1.29 a	2.04±0.36 a	0.23±0.06 bc
T7	4.79±0.94 bc	1.33±0.26 bc	0.21±0.01 cd
T8	3.10±1.49 de	0.86±0.41 de	0.15±0.09 cde

表 6 不同基质对多花黄精组培苗叶部病害发病率的影响 ($n = 30$)Table 6 Influence of cultivation medium on leaf diseases of tissue cultured seedlings of *P. cyrtonema* ($n = 30$)

基质	炭疽病发病率/%	叶斑病发病率/%	叶枯病发病率/%
T1	2.7±0.67 ab	3.10±1.02 ab	3.30±1.15 ab
T2	1.3±0.67 bc	1.78±0.39 cde	0.00±0.00 c
T3	2.4±1.68 ab	2.70±1.34 bcd	2.70±1.34 ab
T4	2.7±1.15 ab	3.30±0.67 ab	3.30±0.67 ab
T5	0.0±0.00 c	0.00±0.00 f	0.00±0.00 c
T6	0.2±0.39 c	0.90±1.02 ef	0.90±1.02 c
T7	0.0±0.00 c	0.00±0.00 f	0.00±0.00 c
T8	2.0±1.33 ab	1.60±0.77 de	2.40±0.77 b

表 7 基质理化特性与多花黄精组培苗生物学性状指标、生长量和壮苗指数相关性分析

Table 7 Correlation of physicochemical properties of cultivation medium and morphological index, growth biomass, and strength index of tissue cultured seedlings of *P. cyrtonema*

相关系数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	1.00	-0.79*	-0.57	-0.84**	0.27	0.09	0.07	-0.19	0.51	0.53	-0.29	0.41	0.09	0.08	-0.80*	-0.20	-0.10	0.21	-0.46	-0.07	-0.23	-0.23	0.06
2	-0.79*	1.00	0.89**	0.90**	-0.71*	0.22	0.44	0.22	-0.06	-0.16	0.46	0.08	0.35	0.39	0.54	0.26	-0.04	-0.13	0.62	0.00	0.30	0.30	0.12
3	-0.57	0.89**	1.00	0.60	-0.88**	0.55	0.39	-0.12	0.02	0.07	0.32	0.24	0.26	0.26	0.42	0.22	-0.02	0.00	0.53	-0.05	0.47	0.47	0.26
4	-0.84**	0.90**	0.60	1.00	-0.39	-0.16	0.41	0.51	-0.13	-0.36	0.50	-0.10	0.37	0.44	0.55	0.25	-0.05	-0.22	0.57	0.05	0.07	0.07	-0.04
5	0.27	-0.71*	-0.88**	-0.39	1.00	-0.53	-0.48	0.32	-0.17	-0.09	-0.12	-0.29	-0.26	-0.29	-0.19	-0.03	0.20	-0.06	-0.48	0.30	-0.35	-0.35	-0.19
6	0.09	0.22	0.55	-0.16	-0.53	1.00	0.06	-0.48	0.18	0.26	-0.18	0.37	-0.08	-0.08	-0.17	0.20	0.29	0.47	-0.04	0.29	0.79*	0.79*	0.64
7	0.07	0.44	0.39	0.41	-0.48	0.06	1.00	0.54	0.81**	0.50	0.61	0.77*	0.95**	0.96**	-0.25	-0.11	-0.23	-0.31	0.07	-0.33	-0.25	-0.25	-0.16
8	-0.19	0.22	-0.12	0.51	0.32	-0.48	0.54	1.00	0.41	0.18	0.73*	0.33	0.71*	0.70*	0.01	0.09	0.08	-0.41	-0.09	0.06	-0.41	-0.41	-0.28
9	0.51	-0.06	0.02	-0.13	-0.17	0.18	0.81**	0.41	1.00	0.76*	0.50	0.94**	0.81**	0.76*	-0.52	-0.18	0.04	-0.18	-0.43	-0.33	-0.21	-0.21	-0.12
10	0.53	-0.16	0.07	-0.36	-0.09	0.26	0.50	0.18	0.76*	1.00	0.44	0.87**	0.61	0.44	-0.42	-0.21	-0.07	-0.30	-0.39	-0.26	-0.24	-0.24	-0.15
11	-0.29	0.46	0.32	0.50	-0.12	-0.18	0.61	0.73*	0.50	0.44	1.00	0.57	0.75*	0.65	0.38	0.22	0.27	-0.38	0.01	-0.27	-0.18	-0.18	-0.22
12	0.41	0.08	0.24	-0.10	-0.29	0.37	0.77*	0.33	0.94**	0.87**	0.57	1.00	0.79*	0.70*	-0.39	-0.06	0.11	-0.15	-0.33	-0.25	-0.05	-0.05	0.01
13	0.09	0.35	0.26	0.37	-0.26	-0.08	0.95**	0.71*	0.81**	0.61	0.75*	0.79*	1.00	0.97**	-0.22	-0.05	-0.18	-0.39	0.02	-0.26	-0.36	-0.36	-0.21
14	0.08	0.39	0.26	0.44	-0.29	-0.08	0.96**	0.70*	0.76*	0.44	0.65	0.70*	0.97**	1.00	-0.25	0.05	-0.17	-0.23	0.14	-0.15	-0.28	-0.28	-0.08
15	-0.80*	0.54	0.42	0.55	-0.19	-0.17	-0.25	0.01	-0.52	-0.42	0.38	-0.39	-0.22	-0.25	1.00	0.43	0.38	0.00	0.43	-0.10	0.26	0.26	0.00
16	-0.20	0.26	0.22	0.25	-0.03	0.20	-0.11	0.09	-0.18	-0.21	0.22	-0.06	-0.05	0.05	0.43	1.00	0.64	0.74*	0.49	0.61	0.64	0.64	0.79*
17	-0.10	-0.04	-0.02	-0.05	0.20	0.29	-0.23	0.08	0.04	-0.07	0.27	0.11	-0.18	-0.17	0.38	0.64	1.00	0.54	-0.26	0.30	0.63	0.63	0.49
18	0.21	-0.13	0.00	-0.22	-0.06	0.47	-0.31	-0.41	-0.18	-0.30	-0.38	-0.15	-0.39	-0.23	0.00	0.74*	0.54	1.00	0.26	0.60	0.77*	0.77*	0.92**
19	-0.46	0.62	0.53	0.57	-0.48	-0.04	0.07	-0.09	-0.43	-0.39	0.01	-0.33	0.02	0.14	0.43	0.49	-0.26	0.26	1.00	0.24	0.20	0.20	0.35
20	-0.07	0.00	-0.05	0.05	0.30	0.29	-0.33	0.06	-0.33	-0.26	-0.27	-0.25	-0.26	-0.15	-0.1	0.61	0.30	0.60	0.24	1.00	0.54	0.54	0.75*
21	-0.23	0.30	0.47	0.07	-0.35	0.79*	-0.25	-0.41	-0.21	-0.24	-0.18	-0.05	-0.36	-0.28	0.26	0.64	0.63	0.77*	0.20	0.54	1.00	1.00**	0.86**
22	-0.23	0.30	0.47	0.07	-0.35	0.79*	-0.25	-0.41	-0.21	-0.24	-0.18	-0.05	-0.36	-0.28	0.26	0.64	0.63	0.77*	0.20	0.54	1.00**	1.00	0.86**
23	0.06	0.12	0.26	-0.04	-0.19	0.64	-0.16	-0.28	-0.12	-0.15	-0.22	0.01	-0.21	-0.08	0.00	0.79*	0.49	0.92**	0.35	0.75*	0.86**	0.86**	1.00

1-容重 2-总孔隙度 3-通气孔隙度 4-持水孔隙度 5-水气比 6-有机质含量 7-pH 8-电导率 9-全氮 10-全磷 11-全钾 12-碱解氮
13-速效磷 14-速效钾 15-株高 16-茎粗 17-叶片数 18-叶面积 19-根数 20-根长 21-全株鲜质量 22-全株干质量 23-壮苗指数

* $P < 0.05$ ** $P < 0.01$

1-bulk density 2-total porosity 3-aeration porosity 4-water-holding porosity 5-ratio of water to gas 6-organic content 7-pH value 8-electrical conductivity 9-total nitrogen 10-total phosphorus 11-total potassium 12-alkali-hydrolyzable nitrogen 13-available phosphorus 14-available potassium 15-plant height 16-stem width 17-number of blades 18-leaf area 19-number of root 20-length of root 21-Fresh weight of whole plant 22-dry weight of whole plant 23-strength index * $P < 0.05$ ** $P < 0.01$

围为 $0.1 \sim 0.8 \text{ g/cm}^3$, 总孔隙度为 $54\% \sim 96\%$, 水气比为 $2.0 \sim 4.0$ 。Abad 等^[25]认为理想的育苗基质的容重应小于 0.4 g/cm^3 , 总孔隙度大于 80% , 通气孔隙度在 $20\% \sim 30\%$ 。不同学者的理想基质规范标准不同。参照郭世荣^[24]的标准, T4 和自行配制的 T8 基质的容重、总孔隙度、水气比均不在理想基质范围内, 其余 6 种栽培基质均在理想基质范围之内。基质的容重、孔隙度、水气比等物理特性对种苗的生长具有显著影响, 本研究发现基质的容重与多花黄精组培苗株高呈显著负相关, 说明基质的容重过高不利于多花黄精组培苗生长。在测试的基质中, T4 和 T8 基质的容重过高, 总孔隙度和通气孔隙度偏低, 水气比偏高, 导致多花黄精组培苗生长缓慢, 叶色淡绿, 说明这 2 种基质影响多花黄精组培苗的光合作用, 壮苗指数显著低于自行配制的 T5 基质和 T2 基质, 不适宜作为多花黄精组培苗栽植基质。有机质是种苗生长的长效和稳定的碳源, 是衡量基质肥力的重要指标。本实验中所有基质的有机质含量均高于土壤肥沃指标中 2.5% 的含量要求, 说明所有基质都具有较长期的供肥能力。本研究发现不同栽培基质的有机质含量与多花黄精组培苗植株鲜质量和干质量呈显著正相关, 说明在幼苗生长阶段, 有机质含量较高栽培基质有利于多花黄精组培苗的生长和干物质的积累。栽培基质的 pH 值最好呈中性或微酸性^[24]。本实验除 T1 基质外, 其余 7 种基质都呈微酸性, 在适宜的范围之内, 从壮苗指数和叶色来看, T1 基质栽植的多花黄精组培苗偏黄, 成苗率偏低, 说明中偏碱性环境对多花黄精组培苗的成苗和生长影响较大。

电导率 (EC 值) 是基质水溶液的离子总浓度的指标, 不同植物所适应的 EC 值不同。因测定的方法不同, 目前尚缺乏统一的标准, 这为基质的对比带来诸多困难^[26]。Abad 等^[25]认为理想的育苗基质的 EC 值小于 0.5 ms/cm , 而 Garcia-Gomez 等^[27]则认为 EC 值在 $0.75 \sim 3.49 \text{ ms/cm}$, 而李谦盛^[26]通过测定发现理想基质的 EC 值在 $0.75 \sim 2.0 \text{ ms/cm}$, 这是因为上述学者测定时的基质与水的比例不同导致实验的结论存在差异。EC 值过低, 植物吸收矿质不足, 难以正常生长, EC 值过高, 可能造成盐害, 使根系失水, 出现烧根, 植物无法正常生长。参照 Garcia-Gomez 等^[27]和参照李谦盛^[26]的 EC 值标准, T3、T4 和自行配制的 T7 基质的电导率均偏低; 参照李谦盛^[26]的标准, T1 基质 EC 值偏高, 而按照 Garcia-Gomez 等^[27]的 EC 值

则在适宜范围内。本实验中, T3、T4 和自行配制的 T7 基质栽植的多花黄精组培苗的壮苗指数与自行配制的 T5 基质相比均偏低, 同时 T3、T4 基质栽植的黄精黄精组培苗叶色淡绿, T3 基质的成苗率最低, T1 栽植的多花黄精组培苗出现叶色偏黄, 这说明基质电导率过低或过高都会影响多花黄精组培苗的生长。

单一基质由于理化性状上的缺陷很难满足植物生长的各项要求, 本实验中的 T3 和 T4 均存在电导率偏低, T4 的容重偏高和总孔隙度偏低, 均不适宜单独作为多花黄精组培苗育苗基质。从多花黄精组培苗的成苗率及形态指标来看, T2 和自行配制的 T5、T6 基质都是较为理想的基质, 多花黄精组培苗成苗率高, 长势好, 叶片颜色鲜绿, 多花黄精组培苗的生长量优于其他 5 种基质。食用菌菌渣可以和珍珠岩、蛭石等低容重原料混合作为复合基质。

壮苗指数作为评价幼苗生长质量的重要指标^[28-29], 本研究中自行配制的 T5 基质的多花黄精组培苗的壮苗指数显著高于其他基质, 该基质栽植的多花黄精组培苗根数、根长、叶数、叶面积和茎粗等形态指标综合优于其他基质, 株高比较适宜, 植株不易倒伏, 这可能与该基质中添加的草木灰、6-BA、NAA、2,4-D、微量元素、大量元素、铁盐、有机物质等有关。NAA 和 IBA 能促进多花黄精组培苗生根^[20-21], 2,4-D 能促进植物生长, 具体促长机制有待深入研究。草木灰具有消毒作用, 可增加基质中速效钾的含量, 添加了草木灰的 T5 基质中的速效钾、速效磷含量相比 T6 基质明显提高, 促使植株生长更加健壮。

炭疽、叶斑、叶枯等叶部病害严重威胁多花黄精生长, 炭疽是由刺盘孢属真菌引起的病害, 叶枯是由镰刀菌属真菌引起的病害^[30], 叶斑是由刺盘孢属和拟多盘孢属真菌引起的病害。这 3 种病害也影响多花黄精组培苗的生长。苯醚甲环唑属于三唑类杀菌剂, 是防治刺盘孢属真菌引起的病害的常用药剂^[31-32]。多菌灵是苯并咪唑类杀菌剂, 前期室内试验发现多菌灵对镰刀菌和拟多盘孢属真菌具有良好的抑制作用。本研究进一步证实添加了苯醚甲环唑和多菌灵的 T5 和 T7 基质, 可有效预防上述 3 种真菌病害。

5 结论

本实验首次研究了 8 种栽培基质对多花黄精组培苗生长的影响, 发现 T2 和 T5、T6 基质栽植的多花黄精组培苗成苗率高, 长势良好, 叶片鲜绿, 茎粗、叶片数、叶面积、根数、根长等形态指标和生

长量综合评价优于其他 5 种基质。自行配制的 T5 基质的壮苗指数显著高于其他基质,该基质对炭疽、叶斑、叶枯等叶部病害具有较好的预防效果。从多花黄精组培苗生长量和叶部病害的发生情况综合评价,自行配制的 T5 基质可作为多花黄精组培苗栽培基质推广应用。

参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志(第七卷) [M]. 北京: 科学出版社, 1978.
- [2] 中国药典 [S]. 三部. 2015.
- [3] 何连军, 干雅平, 吕伟德, 等. 高效阴离子交换色谱-脉冲安培检测法测定多花黄精多糖的单糖组成 [J]. 中草药, 2017, 48(8): 1671-1676.
- [4] 陶爱恩, 张晓灿, 杜泽飞, 等. 黄精属植物中黄酮类化合物及其药理活性研究进展 [J]. 中草药, 2018, 49(9): 2163-2171.
- [5] 赵文莉, 赵 晔, Yiider Tseng. 黄精药理作用研究进展 [J]. 中草药, 2018, 49(18): 4439-4445.
- [6] 陶爱恩, 杜泽飞, 赵飞亚, 等. 基于多糖组成和含量的 3 种基原黄精质量比较和识别研究 [J]. 中草药, 2019, 50(10): 2467-2473.
- [7] 刘保财, 黄颖桢, 赵云青, 等. 不同处理对多花黄精种子的影响 [J]. 福建农业学报, 2015, 30(5): 469-472.
- [8] 成京晋, 达布希拉图, 刘 佳, 等. 多花黄种子后熟过程生理研究 [J]. 种子, 2018, 37(10): 31-35.
- [9] 陈 怡, 柳雪晨, 陈松树, 等. 多花黄精种子萌发过程的形态和解剖研究 [J]. 种子, 2020, 39(2): 5-10.
- [10] 崔阔澍, 方清茂, 肖 特, 等. 种茎结节数对多花黄精产量和生长发育的影响 [J]. 安徽农业科学, 2017, 45(33): 134-136.
- [11] 王声淼, 吴应齐, 刘跃钧, 等. 多花黄精种茎不同摆种方法对一年生种苗生长的影响 [J]. 浙江林业科技, 2018, 38(3): 41-46.
- [12] 刘保财, 黄颖桢, 赵云青, 等. 多花黄精种苗繁育技术 [J]. 福建农业科技, 2017(9): 36-38.
- [13] 周新华, 厉月桥, 王丽云, 等. 多花黄精根茎芽高效组培增殖和生根体系研究 [J]. 经济林研究, 2016, 34(1): 51-56.
- [14] Zhao D L, Wang X Y, Lu W, *et al.* Plant regeneration via organogenesis from adventitious bud explants of a medicinal herb species, *Polygonatum cyrtonema* [J]. In *Vitro Cell Dev Biol Plant*, 2003, 39(1): 24-27.
- [15] Zhao Q, Wu C F, Wang W G, *et al.* In vitro plantlet regeneration system from rhizomes and mannose-binding lectin analysis of *Polygonatum cyrtonema* Hua [J]. *Plant Cell Tiss Organ Cult*, 2009, 99(3): 269-275.
- [16] 周新华, 肖智勇, 黄 拯, 等. 大量元素对多花黄精不定芽生长和次生代谢物含量的影响 [J]. 西南林业大学学报, 2017, 37(2): 74-79.
- [17] 刘芳源, 王 钰, 开桂青, 等. 多花黄精组培体系建立及薯蓣皂苷等含量测定 [J]. 生物学杂志, 2017, 34(6): 93-96.
- [18] 莫勇生, 卢拓方, 邱展鸿, 等. 多花黄精组培苗快速繁殖体系建立研究 [J]. 中国现代中药, 2018, 20(4): 445-449.
- [19] 饶宝蓉, 谢东奇, 陈泳和, 等. 多花黄精实生苗组培快繁技术研究 [J]. 江西农业学报, 2018, 30(2): 46-49.
- [20] 吴宇函, 俞涵曦, 韩晓文, 等. 多花黄精植株再生及繁殖研究 [J]. 种子, 2019, 38(7): 90-95.
- [21] 何 艳, 朱玉球, 肖 波, 等. 多花黄精组织培养体系的研究 [J]. 中国中药杂志, 2019, 44(10): 2032-2037.
- [22] 郭世荣. 无土栽培学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [23] 褚 群, 董春娟, 尚庆茂. γ -聚谷氨酸对西瓜穴盘苗基质性状及幼苗生长发育的影响 [J]. 中国农业科学, 2015, 48(S1): 40-48.
- [24] 郭世荣. 固体栽培基质研究、开发现状及发展趋势 [J]. 农业工程学报, 2005, 21(S2): 1-4.
- [25] Abad M, Noguera P, Burés S. National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: Case study in Spain [J]. *Bioresour Technol*, 2001, 77(2): 197-200.
- [26] 李谦盛. 芦苇末基质的应用基础研究及园艺基质质量标准的探讨 [D]. 南京: 南京农业大学, 2003.
- [27] Garcia-Gomez A, Bernal M P, Roig A. Growth of ornamental plants in two composts prepared from agroindustrial wastes [J]. *Bioresour Technol*, 2002, 83(2): 81-87.
- [28] 闫晓花, 郁继华, 颜建明. 补光时间及光质对黄瓜幼苗生长及根系活力的影响 [J]. 核农学报, 2016, 30(6): 1211-1217.
- [29] 文莲莲, 李 岩, 张聘丘, 等. 冬季温室补光时长对番茄幼苗生长、光合特性及碳代谢的影响 [J]. 植物生理学报, 2018, 54(9): 1490-1498.
- [30] 周先治, 苏海兰, 陈 阳, 等. 多花黄精主要病害发生规律调查 [J]. 福建农业科技, 2017(10): 25-27.
- [31] Zhang C, Diao Y Z, Wang W Z, *et al.* Assessing the risk for resistance and elucidating the genetics of *Colletotrichum truncatum* that is only sensitive to some DMI fungicides [J]. *Front Microbiol*, 2017, doi: 10.3389/fmicb.2017.01779.
- [32] 韩永超, 向发云, 曾祥国, 等. 湖北省草莓炭疽病菌对苯醚甲环唑的敏感性测定 [J]. 植物保护学报, 2016, 43(3): 525-526.