

网络出版时间:2015-03-12 14:17

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2015.04.016

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20150312.1417.016.html>

对开蕨组培苗适宜栽培基质的筛选

赵超¹,董然¹,顾德峰¹,黄祥童²,严海燕¹,包文慧¹,潘兰慧¹

(1 吉林农业大学园艺学院,吉林 长春 130118;2 长白山科学研究院,吉林 二道白河 133613)

【摘要】【目的】筛选对开蕨组培苗的适宜栽培基质,为其推广栽培提供技术指导。【方法】以 3 年生对开蕨组培苗为试材,在以草炭、山皮土、园土、菌渣和珍珠岩为材料按照不同比例配制的 7 种栽培基质[T1(CK1):草炭;T2(CK2):山皮土;T3:V(园土):V(草炭)=2:1;T4:V(园土):V(山皮土)=2:1;T5:V(园土):V(山皮土):V(菌渣)=2:1:1;T6:V(草炭):V(山皮土):V(菌渣)=2:1:1;T7:V(草炭):V(珍珠岩):V(菌渣)=2:1:1]中进行试验,从植株的形态、生理和光合特性 3 个方面选取 9 项指标(株高、冠幅、单叶面积、新增叶片数、新增带孢子囊叶片数、比叶质量、叶绿素、净光合速率、水分利用率)综合考察评价,在此基础上对各生长指标进行主成分分析,再用隶属函数求出各处理的综合评价,按该值对各基质排序,最后结合各基质配方的理化性质确定最佳基质。【结果】各基质配方的理化性质基本均在适合对开蕨组培苗生长的理想范围之内,只有 T4 的体积质量略高,通气孔隙略小;T1 的 pH 值略低。除株高、冠幅和比叶质量外,单叶面积、新增叶片数、新增带孢子囊叶片数、叶绿素、净光合速率和水分利用效率 6 项指标在不同基质处理间差异显著($P < 0.05$)或极显著($P < 0.01$)。综合分析结果表明,T3 处理的综合评价最高,达到 0.924,表明该基质配方较其他处理更适宜对开蕨组培苗生长,其余依次为 T7、T2、T5、T6、T4 和 T1。【结论】对开蕨组培苗的适宜栽培基质为 V(园土):V(草炭)=2:1,该基质配方简便易行,适合推广应用。

【关键词】 对开蕨;组培苗;栽培基质;主成分分析;隶属函数

【中图分类号】 S688.9

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2015)04-0185-06

Selection of optimal culture substrate for tissue-cultured seedlings of *Phyllitis japonica*

ZHAO Chao¹, DONG Ran¹, GU De-feng¹, HUANG Xiang-tong²,

YAN Hai-yan¹, BAO Wen-hui¹, PAN Lan-hui¹

(1 College of Horticulture, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118, China;

2 Changbai Mountain Academy of Sciences, Erdaobaihe, Jilin 133613, China)

Abstract: 【Objective】 This study aimed to select the optimal culture substrate for tissue-cultured seedlings of *Phyllitis japonica*. 【Method】 Three-year-old tissue-cultured seedlings were planted them in 7 culture substrates formulated with peat, hill-skill soil, garden soil, mushroom residue and perlite at different volume ratios (T1(CK1):peat, T2(CK2):hill-skill soil, T3:V(garden soil):V(peat)=2:1, T4:V(garden soil):V(hill-skill soil)=2:1, T5:V(garden soil):V(hill-skill soil):V(mushroom residue)=2:1:1, T6:V(peat):V(hill-skill soil):V(mushroom residue)=2:1:1, and T7:V(peat):V(perlite):V(mushroom residue)=2:1:1). Nine indices from morphology, physiological and photosynthetic characteristics were selected for comprehensive evaluation. Then principal component analysis was conducted and

【收稿日期】 2013-12-09

【基金项目】 国家“十二五”科技支撑计划项目(2012BAD22B0401);吉林省科技发展计划项目(20110262)

【作者简介】 赵超(1987—),男,山西太原人,在读硕士,主要从事园林植物资源与种质创新研究。E-mail:barry_zc@163.com

【通信作者】 董然(1964—),女,吉林敦化人,教授,博士,硕士生导师,主要从事长白山特色园林植物研究。

E-mail: Dongr999@163.com

subordinate function was used to calculate comprehensive evaluation values. These values were ranked and the best substrate was determined according to physical and chemical properties. 【Result】 Physical and chemical properties of all substrates were within the ideal ranges for the growth of *P. japonica* tissue-cultured seedlings except T4 with slightly higher bulk density and smaller aeration porosity and T1 with slightly lower pH. Single leaf area, number of new leaves, number of new leaves with sporangia, Chlorophyll content, net photosynthetic rate, and water use efficiency showed significant differences at $P < 0.05$ or $P < 0.01$ levels, while the height, crown width and specific leaf weight showed no significant difference ($P > 0.05$). T3 had the highest comprehensive evaluation value of 0.924, followed by T7, T2, T5, T6, T4 and T1. 【Conclusion】 The preferred culture substrate for *P. japonica* tissue-cultured seedlings was V(garden soil) : V(peat) = 2 : 1, which was simple to prepare and suitable to apply.

Key words: *Phyllitis japonica*; tissue culture seedlings; culture substrate; principal component analysis; subordinate function

对开蕨 (*Phyllitis japonica* Kom) 别名东北对开蕨、日本对开蕨, 为铁角蕨科 (Aspleniaceae) 对开蕨属多年生常绿草本植物。对开蕨叶形独特优雅, 四季常青, 具有很高的观赏价值, 且其全草可入药, 具有消炎、止痛等功效^[1], 是难得的集观赏和药用价值于一身的优良植物, 极具保护研究价值。但由于自然繁殖力弱, 加之原生境的破坏以及人为干扰, 对开蕨已濒危灭绝, 被列为国家二级珍稀濒危保护植物。顾德峰等^[2]在 2008 年首次成功报道了对开蕨的离体快繁技术, 这对实现其保护利用意义重大。

栽培基质是影响植物生长的重要因素之一。要筛选出某种植物的最适栽培基质, 就必须从多角度进行综合分析, 目前关于作物栽培基质的研究大部分只是依据所测数据进行简单的定量分析与比较, 或用隶属函数法进行评价^[3-5], 但由于评价指标较多, 且指标间存在一定相关性, 故分析结果也会存在片面性。岳桦等^[6]曾对野生对开蕨引种苗的栽培基质进行了研究, 认为其最适宜栽培基质配方为 V(草炭土) : V(珍珠岩) : V(蛭石) : V(河沙) = 7 : 1 : 1 : 1, 最不宜基质为 V(草炭土) : V(珍珠岩) : V(蛭石) : V(河沙) = 5 : 2 : 2 : 1。目前, 关于对开

蕨组培苗的栽培基质研究尚未见报道。本研究利用主成分分析法对对开蕨组培苗各栽培基质处理进行综合评价, 这样可以在不损失或很少损失原有信息的前提下, 将原来个数较多的指标转换成几个新的相互独立的主成分, 在此基础上求出所有处理的每一个主成分值及相应的隶属函数值后进行加权, 得到对开蕨在不同栽培基质上生长状况的综合评价, 筛选出最佳栽培基质。现将研究结果报道如下。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料来源于吉林农业大学园艺学院培养的 3 年生对开蕨组培苗, 选取生长健壮、长势一致的材料进行试验。

试验所用基质原料有: 草炭, 购于吉林省黄泥河镇大川草炭开发公司; 山皮土, 2013 年采自长春净月潭森林蒙古栎林下, 为 2~3 cm 表层土; 园土, 来源于吉林农业大学园艺学院园林花卉实践基地; 菌渣, 来源于吉林农业大学食用菌教学实践基地; 珍珠岩, 购于吉林省长春市海军珍珠岩厂。山皮土、园土和菌渣等非商品材料的理化特性如表 1 所示。

表 1 非商品基质原料的理化特性

Table 1 Physicochemical properties of non-commodity substrate

基质原料 Substrate	pH	有机质/ (g · kg ⁻¹) Organic matter	速效氮/ (mg · kg ⁻¹) Available N	速效磷/ (mg · kg ⁻¹) Available P	速效钾/ (mg · kg ⁻¹) Available K
山皮土 Hill-skill soil	5.5	90.68	148.24	42.37	232.34
园土 Garden soil	6.1	37.78	168.37	46.47	322.42
菌渣 Mushroom residue	6.7	63.1	278.18	106.01	226.81

1.2 试验设计

试验于 2013-05-09 在吉林农业大学园艺基地进行。以当前生产上常用的纯草炭基质为第 1 对照 (T1(CK1)), 以与对开蕨原生境土壤类似的山皮土

基质为第 2 对照 (T2(CK2)), 其余基质配比方式如下: T3. V(园土) : V(草炭) = 2 : 1; T4. V(园土) : V(山皮土) = 2 : 1; T5. V(园土) : V(山皮土) : V(菌渣) = 2 : 1 : 1; T6. V(草炭) : V(山皮土) :

$V(\text{菌渣})=2:1:1$; T7. $V(\text{草炭}):V(\text{珍珠岩}):V(\text{菌渣})=2:1:1$ 。

有机基质均腐熟后使用,所有基质上盆前均先用稀释 1 000 倍的多菌灵溶液进行喷施消毒。试验用苗均栽植于内径 19 cm、高 20 cm 的塑料花盆内,培养于遮光率 90% 的遮荫棚下。经测定,试验期间棚内温度为 18~30 ℃,最大光强 6 800~7 500 lx,空气相对湿度 40%~50%。每处理 5 盆,每盆 1 株,重复 3 次,即每个处理共 15 株,7 个处理共 105 株,给予正常的水分管理。缓苗 2 个月后将开始测定各项生长指标。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 基质理化性质的测定 测定项目主要包括体积质量、总孔隙度、持水孔隙、通气孔隙、EC 值和 pH 值,采用连兆煌等^[7]的方法测定。

1.3.2 形态指标的测定 缓苗结束后,每处理选取 3 盆植株,每株选 3 片在试验处理期间萌发的新叶,采用数码相机拍照法^[8]测定叶面积,在新叶完全展开时进行第 1 次测量,以后每 10 d 测定 1 次,直至被观测叶片面积无明显增长为止。试验处理 3 个月后,每处理选 5 盆植株测定株高、冠幅,株高为从根茎处至植株最高处的高度,冠幅采用十字交叉法取平均值,二者皆用钢卷尺测量,精确到 0.1 cm。同时,统计各处理在试验期间新增的叶片数和带孢子囊叶片数。

1.3.3 生理指标的测定 试验处理 3 个月后,每处理选取 3 盆植株,每株各选 3 片成熟的功能叶分别测算比叶质量(Specific leaf weight, SLW)和叶绿素

含量,其中 $SLW(\text{mg}/\text{cm}^2)=\text{叶片干质量}/\text{叶面积}$; 叶绿素含量利用乙醇浸泡法^[9]测定。

1.3.4 光合指标的测定 在 8 月中旬采用 CIRAS-2 型便携式光合仪,于晴朗无云的天气在上午 10:00 前后,使用开放气路,选择不同处理下未着生孢子囊的对开蕨组培苗成熟功能叶片(每处理 3 株,每株 3 片叶),在固定光合有效辐射为 $600 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 的条件下,测定净光合速率($P_n, \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$)、蒸腾速率($Tr, \text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$),计算水分利用效率($WUE, \mu\text{mol}/\text{mmol}$): $WUE = P_n/Tr$ 。

1.4 数据处理与分析

首先用 DPS v7.05 软件对不同处理对开蕨组培苗各生长指标影响的显著性进行方差分析,对不同处理间差异显著者进行多重比较。再用 SPSS 19.0 软件对各生长指标进行主成分分析,将累积贡献率达到 85% 以上的性状作为新的主成分,之后用隶属函数法求得不同基质处理下各主成分的隶属函数值,再根据各主成分的贡献率求出其权重,最后对不同处理各主成分的隶属函数值分别加权求和,得到各自的综合评价值,其值越大,说明该配方基质越适合对开蕨组培苗的生长。

2 结果与分析

2.1 不同处理基质的理化性质分析

基质的理化性质决定其能否为植物提供良好的水、气、肥等根际环境^[10],与植株生长直接相关。本试验中各处理基质的理化性质如表 2 所示。

表 2 培养对开蕨组培苗的不同配方基质的理化性质

Table 2 Physical and chemical properties of different substrates for *Phyllitis japonica* tissue-cultured seedlings

处理 Treatment	体积质量/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$) Bulk density	总孔隙度/% Total porosity	持水空隙/% Water-holding porosity	通气孔隙/% Aeration porosity	大小孔隙比 Aeration/ Water-hold porosity ratio	EC/ ($\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$)	pH
T1(CK1)	0.179	64.94	43.94	21.00	0.478	0.54	5.10
T2(CK2)	0.752	57.21	40.71	16.50	0.405	0.87	5.46
T3	0.758	56.00	40.50	15.50	0.383	0.45	5.56
T4	0.981	52.17	40.17	12.00	0.299	0.48	5.57
T5	0.885	55.01	40.51	14.50	0.358	0.15	5.79
T6	0.342	61.44	45.94	15.50	0.337	0.22	5.69
T7	0.161	64.99	45.49	19.50	0.429	0.72	5.72

由表 2 可知,不同处理基质的体积质量差异较大,表现为 $T4 > T5 > T3 > T2 > T6 > T1 > T7$,其中以草炭为主要成分的 T1、T6、T7 处理的体积质量明显较小,分别为体积质量最大的 T4 处理的 18.2%, 34.9% 和 16.4%。多数研究表明,基质体积质量在 0.1~0.8 g/cm^3 时更利于植物生长^[11-13],

本试验中除 T4(0.981 g/cm^3)、T5(0.885 g/cm^3) 处理略超出这一范围外,其余基质体积质量均在该范围内。总孔隙度是反映基质通气、保水状况的指标,一般认为在 54%~96% 时较好^[6,10],本试验中只有 T4 处理的总孔隙度(52.17%)略小,其余各处理均在 60% 左右,在理想范围之内。另外,理想基质的

持水孔隙为 40%~75%^[11],通气孔隙为 20%左右,大小孔隙比为 1:2~1:4^[14]。本试验中各处理的这 3 项指标基本均在相应的范围内,只有 T4 的通气孔隙(12.00%)相对较小,可能会对植物根系呼吸造成一定的不利影响。EC 值可以反映基质中可溶性盐溶液的浓度和营养水平,其值太低表明营养不足,太高又会导致盐害,本试验中各处理的 EC 值均小于 1 mS/cm,在适宜植物生长的理想范围(<2.5 mS/cm)之内^[13]。各处理基质的 pH 相差不大,均在 5.0~6.0,呈弱酸性,适合对开蕨组培苗的生长^[15]。

2.2 不同处理基质对对开蕨组培苗生长、生理和光合特性的影响

栽培基质对植物生长的影响是多方面的,故本

试验从形态、生理和光合特性等方面选取 9 项指标对其进行综合评价。由表 3 可以看出,在不同处理基质间,除株高、冠幅、比叶质量和蒸腾速率无显著差异外,其余各项指标的差异均达到显著($P < 0.05$)或极显著($P < 0.01$)水平。在不同评价指标下,各基质的排序也不尽相同,从单叶面积来看, T6>T3>T2>T7>T4>T5>T1;从新增叶片数来看, T3>T7>T5>T2>T6>T1>T4;从新增带孢子囊叶片数来看, T2>T3>T6>T7>T5>T1>T4;从叶绿素含量来看, T3>T4>T7>T2>T5>T1>T6;从净光合速率来看, T5>T3>T7>T6>T1>T4>T2;从水分利用效率来看, T5>T3>T6>T1>T7>T4>T2。

表 3 不同基质处理对对开蕨组培苗生长、生理和光合特性指标的影响

Table 3 Effects of different substrate formulas on growth, and physiological and photosynthetic characteristics of *Phyllitis japonica* tissue-cultured seedlings

处理 Treatment	株高/cm Height	冠幅/cm Crown width	单叶面积/cm ² Single leaf area	新增叶片数 Number of new leaves	新增带孢子囊叶片数 Number of new leaves with sporangia
T1(CK1)	16.00±1.31 a	46.27±2.43 a	65.68±8.60 c	3.67±0.58 cdC	2.33±1.53 bAB
T2(CK2)	16.97±4.20 a	46.43±2.03 a	75.43±4.27 abc	5.00±1.00 bcdABC	5.67±1.53 aA
T3	18.67±0.70 a	48.20±3.71 a	77.52±2.91 ab	7.33±1.15 aA	3.68±0.58 abAB
T4	15.10±1.99 a	46.10±6.91 a	69.88±4.20 abc	3.00±1.53 dC	1.67±1.53 bB
T5	18.20±1.29 a	44.03±7.14 a	66.60±5.19 bc	5.67±0.58 abcABC	2.67±0.58 bAB
T6	18.63±1.69 a	45.63±1.63 a	79.03±4.71 a	4.33±1.53 cdBC	3.67±0.58 abAB
T7	16.13±2.36 a	42.53±3.14 a	70.33±8.58 abc	6.67±1.00 abAB	3.67±1.15 abAB

处理 Treatment	比叶质量/ (mg·cm ⁻²) Specific leaf weight	叶绿素/(mg·g ⁻¹) Chlorophyll	净光合速率/ (μmol·m ⁻² ·s ⁻¹) Net photosynthetic rate	蒸腾速率/ (mmol·m ⁻² ·s ⁻¹) Transpiration	水分利用效率/ (μmol·mmol ⁻¹) Water use efficiency
T1(CK1)	3.34±0.95 a	1.335±0.021 cC	3.17±0.71 abAB	1.51±0.32 a	2.24±0.91 ab
T2(CK2)	3.02±1.27 a	1.427±0.032 bB	2.33±0.57 cB	1.48±0.68 a	1.81±0.85 b
T3	2.54±1.16 a	1.546±0.019 aA	3.48±0.35 abA	1.22±0.12 a	2.90±0.52 a
T4	2.46±1.57 a	1.522±0.028 aA	2.90±0.41 bcAB	1.32±0.11 a	2.21±0.44 ab
T5	3.09±0.54 a	1.398±0.033 bB	3.68±0.17 aA	1.24±0.13 a	2.99±0.20 a
T6	3.62±0.59 a	1.249±0.023 dD	3.22±0.81 abAB	1.49±0.27 a	2.28±0.95 ab
T7	2.15±0.16 a	1.519±0.021 aA	3.47±0.75 abA	1.63±0.46 a	2.23±0.64 ab

注:表中数据为“平均值±标准差”;同列数据后标不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),标不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$)。

Note: Data in the table are “means±standard deviation”. Data with lowercase and capital letters in each column indicate significant difference at $P < 0.05$ or $P < 0.01$ level.

2.3 不同处理基质各项生长指标的主成分分析

对除蒸腾速率外的 9 个单项指标进行主成分分析,结果如表 4 所示。由表 4 可知,前 4 个主成分的累积贡献率已达 95.04%,代表了绝大部分信息,因此其余指标可忽略不计,这样就将原来 9 个单项指标转换为 4 个新的相互独立的主成分,同时根据各主成分贡献率的大小还可知其相对重要性。

主成分 1 的主要组分为净光合速率(0.511)、水分利用效率(0.504)和新增叶片数(0.458),主要反映植株的光合特性,代表了原始数据信息量的

30.96%;主成分 2 的主要组分为株高(0.554)、单叶面积(0.496)和新增带孢子囊叶片数(0.404),主要反映植株的形态特征,代表了原始数据信息量的 28.80%;主成分 3 的主要组分为叶绿素(0.507)和比叶质量(-0.489),主要反映植株的生理特性,代表了原始数据信息量的 23.10%;主成分 4 的主要组分为冠幅(0.801),代表了原始数据信息量的 12.17%。

在各项生长指标值及主成分特征向量基础上,可分别求出每一处理基质的 4 个主成分值[CI(x)],

见表 5。在同一综合指标中,CI(x)越大表明某一基 好,反之则越差。
质处理下的对开蕨组培苗在这一主成分上的表现越

表 4 不同基质处理对开蕨组培苗各指标的特征向量及贡献率

Table 4 Eigenvectors and contributions of synthetic indexes of *Phyllitis japonica* tissue-cultured seedlings with different substrate formulas

项目 Item	主成分 1 Principal component I	主成分 2 Principal component II	主成分 3 Principal component III	主成分 4 Principal component IV
株高 Height	0.215	0.554	-0.170	-0.017
冠幅 Crown width	-0.147	0.262	0.092	0.801
新增带孢子囊叶片数 Number of new leaves with sporangia	-0.136	0.404	0.386	-0.391
新增叶片数 Number of new leaves	0.458	0.257	0.267	-0.224
单叶面积 Single leaf area	-0.074	0.496	0.261	0.109
叶绿素 Chlorophyll	0.301	-0.224	0.507	0.259
比叶质量 Specific leaf weight	-0.306	0.294	-0.489	-0.038
净光合速率 Net photosynthetic rate	0.511	-0.012	-0.323	-0.080
水分利用效率 Water use efficiency	0.504	0.112	-0.271	0.260
特征值 Eigenvalue	2.786	2.592	2.079	1.096
贡献率% Proportion	30.96	28.80	23.10	12.17
累积贡献率% Cumulative	30.96	59.76	82.86	95.04

2.4 不同处理基质的综合评价

由于 4 个主成分在评价各处理基质时的侧重不同,因此需要用隶属函数法再次对其进行评价。运用公式 $\mu(x_j) = (x_j - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min})$ 求得各主成分的隶属函数值 $\mu(x)$, 其中 x_j 表示第 j 个主成分值, x_{\min} 表示第 j 个主成分的最小值, x_{\max} 表示第 j 个主成分的最大值。由表 5 可知,在主成分 1 中, T3 的 $\mu(1)$ 值最大, T2 的最小, 说明在这一评价指标中 T3 表现最好, T2 最差; 同理, 在主成分 2 中, T6 表现最好, T4 最差; 在主成分 3 中, T2 表现最好, T5 最差; 在主成分 4 中, T3 表现最好, T7 最差。

根据各主成分的贡献率大小可分别求出各自的权重。经计算, 第 1, 2, 3, 4 主成分的权重分别为 0.326, 0.303, 0.243 和 0.128。对不同处理基质的各主成分隶属函数值分别加权 $Y(x)$ 后求和, 即可得到各处理的综合评价值 (D 值), 根据 D 值大小进行排序, 结果见表 5。由表 5 可知, T3 处理的 D 值 (0.924) 最大, 比排在第 2 的 T7 (0.549) 高 68.3%, 说明从多方面综合分析, 对开蕨组培苗在 T3 基质中生长最好, 且优势明显, 其次依次为 T7、T2、T5、T6、T4 和 T1。

表 5 各对开蕨组培苗培养基质处理的综合指标值 CI(x)、隶属函数值 $\mu(x)$ 、 $Y(x)$ 值和 D 值Table 5 Comprehensive values [CI(x)], subordinate functions [$\mu(x)$], $Y(x)$, D and rank of *Phyllitis japonica* tissue-cultured seedlings with different substrate formulas

处理 Treatment	CI(1)	CI(2)	CI(3)	CI(4)	$\mu(1)$	$\mu(2)$	$\mu(3)$	$\mu(4)$	Y(1)	Y(2)	Y(3)	Y(4)	D
T1(CK1)	-1.136	-1.072	-1.446	0.347	0.238	0.277	0.063	0.649	0.077	0.084	0.015	0.083	0.260
T2(CK2)	-2.133	1.044	1.753	-0.473	0	0.779	1.000	0.372	0	0.236	0.243	0.048	0.527
T3	2.060	1.660	1.008	1.387	1.000	0.925	0.782	1.000	0.326	0.280	0.190	0.128	0.924
T4	-0.760	-2.243	0.445	1.198	0.327	0	0.617	0.936	0.107	0	0.150	0.120	0.376
T5	1.709	-0.100	-1.661	-0.489	0.916	0.508	0	0.366	0.299	0.154	0	0.047	0.499
T6	-1.116	1.979	-1.339	-0.397	0.242	1.000	0.094	0.397	0.079	0.303	0.023	0.051	0.456
T7	1.377	-1.267	1.241	-1.573	0.837	0.231	0.850	0	0.273	0.070	0.20	0	0.549

3 讨论与结论

要从多种基质中选出适宜植物组培苗生长的栽培基质, 就需要从植物的多方面生长指标来综合观测分析, 用主成分分析法将原来多个彼此关系错综复杂的指标转换成数个彼此相互独立的主成分^[16-17], 再利用隶属函数法进行综合评价, 二者结合

会使结果更加科学可靠^[18]。这些主成分既能多方面地反映原指标的信息, 又能将差异不明显的各原指标信息集中表现出来, 而且根据主成分贡献率的大小还可以了解其相对重要性^[19]。

本研究将原来的 9 个单项指标综合成 4 个相互独立的主成分, 克服了信息的重叠与指标的相关性, 同时利用各主成分的相对重要性进行加权, 避免了

人为确定权重的主观性,在此基础上得到的综合评价价值(D 值)因为是一个在 $[0,1]$ 闭区间上的纯数,因而使各处理基质间具有了可比性。根据 D 值的大小就可以较准确地对对开蕨组培苗在不同基质上的栽培适应性进行排序,挑选出最适宜其生长的基质配方。从分析结果可以看出, $T_2 \sim T_7$ 的 D 值均高于以纯草炭为基质的 T_1 ,原因可能是 T_1 的pH仅为5.1,在7种基质中最低,因酸性过强而对植物生长不利,从而导致其综合评价最低。由此可知,当前生产中大部分以纯草炭作为对开蕨组培苗栽培基质的方法是欠妥的,如果在其中混以其他中性或偏碱性的基质来略微提高pH值,则会更有利于对开蕨组培苗的生长。

T_2 处理的 D 值排在第3位,虽然其比较适合对开蕨组培苗的生长,但由于山皮土资源有限,大量开采会对森林生态环境造成破坏,因此也不适合推广应用。而且综合来看,排在前2位的 T_3 、 T_7 处理均更适合对开蕨的生长,完全可以取代 T_2 处理。

T_4 处理中植株生长较差的原因可能是由于基质体积质量过高(0.981 g/cm^3),超过了理想基质的体积质量范围($0.1 \sim 0.8 \text{ g/cm}^3$)。体积质量过大不仅不便于生产中的操作和管理,还会导致通气孔隙和持水孔隙不能很好协调,有碍植株根系生长^[13]。

添加了菌渣的 T_5 、 T_6 、 T_7 处理,除 T_7 比较适合对开蕨组培苗的生长外, T_5 和 T_6 的得分排名均比较靠后,尽管这2种基质的各种物理性质都比较理想,但最终的植株质量较差。其原因可能是菌渣与山皮土混合后有机物质含量过高,而这些有机组分的降解会导致基质温度持续较高,从而对对开蕨组培苗的生长造成了不利影响,这与任爽英等^[5]对东方百合栽培基质的研究结果一致。

本研究结果表明, T_3 处理的 D 值最高,说明以 $V(\text{园土}):V(\text{草炭})=2:1$ 的基质配方较其他配方更适宜对开蕨组培苗的生长,使其株高、冠幅、单叶面积、新增叶片数和叶绿素含量等均明显优于其他处理。另外,东北地区草炭资源丰富,获得成本较低,因此 T_3 配方简便易行,操作管理容易,可在将来对开蕨的工厂化育苗中推广应用。

[参考文献]

- [1] 刘保东,时述武. 长白山的珍稀观赏植物:对开蕨[J]. 中国野生植物,1991(4):37-38.
Liu B D, Shi S W. A rare ornamental plant of Changbai Mountain of China: *Phyllitis japonica* [J]. Chinese Wild Plant, 1991 (4): 37-38. (in Chinese)

- [2] 顾德峰,李东升,王蕾,等. 东亚对开蕨离体快繁的研究[J]. 园艺学报,2008,35(9):1373-1376.
Gu D F, Li D S, Wang L, et al. Studies on the rapid propagation in vitro of endangered plant *Phyllitis japonica* [J]. Acta Horticulture Sinica, 2008, 35(9): 1373-1376. (in Chinese)
- [3] 刘旭,张延龙,牛立新,等. ‘西伯利亚’百合可再生栽培基质的筛选[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2012,40(11):179-186.
Liu X, Zhang Y L, Niu L X, et al. Study on regenerated substrates of Lily ‘Siberia’ [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat Sci Ed, 2012, 40(11): 179-186. (in Chinese)
- [4] 宋晓晓,邹志荣,曹凯,等. 不同有机基质对生菜产量和品质的影响[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2013,41(6):153-160.
Song X X, Zou Z R, Cao K, et al. Effects of different organic substrates on the yield and quality of lettuce [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat Sci Ed, 2013, 41(6): 153-160. (in Chinese)
- [5] 任爽英,刘春,冯冰,等. 东方百合‘Sorbonne’无土栽培基质的研究[J]. 北京林业大学学报,2011,33(3):92-98.
Ren S Y, Liu C, Feng B, et al. Soilless culture media for *Lilium* ‘Sorbonne’ [J]. Journal of Beijing Forestry University, 2011, 33(3): 92-98. (in Chinese)
- [6] 岳桦,吴妍,姜丽颖. 不同栽培基质对对开蕨的影响[J]. 黑龙江农业科学,2011(2):66-68.
Yue H, Wu Y, Jiang L Y. Impact of different culture medium on *Phyllitis japonica* [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2011(2): 66-68. (in Chinese)
- [7] 连兆煌,李式军. 无土栽培原理与技术[M]. 北京:中国农业出版社,1994:50-100.
Lian Z H, Li S J. Theories and techniques of soilless culture [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1994: 50-100. (in Chinese)
- [8] 苑克俊,刘庆忠,李圣龙,等. 利用数码相机测定果树叶面积的新方法[J]. 园艺学报,2006,33(4):829-832.
Yuan K J, Liu Q Z, Li S L, et al. A new method for measuring leaf area of fruit trees using digital camera [J]. Acta Horticulture Sinica, 2006, 33(4): 829-832. (in Chinese)
- [9] 张治安,陈展宇. 植物生理学实验技术[M]. 长春:吉林大学出版社,2008:66-68.
Zhang Z A, Chen Z Y. Plant physiology experiment technique [M]. Changchun: Jilin University Press, 2008: 66-68. (in Chinese)
- [10] 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(S1):1-4.
Guo S R. Research progress, current exploitations and developing trends of solid cultivation medium [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2005, 21 (S1): 1-4. (in Chinese)

- heat shock protein during embryo development [J]. *Developmental & Reproductive Biology*, 2000, 9(1): 73-82.
- [6] Eileen K, Andreas V. Post-embryonic functions of *hsp90* in *Tribolium castaneum* include the regulation of compound eye development [J]. *Dev Genes Evol*, 2013, 221: 357-362.
- [7] Arbeitman M N, Hogness D S. Molecular chaperones activate the *Drosophila ecdysone* receptor, an RXR heterodimer [J]. *Cell*, 2000, 101(1): 67-77.
- [8] Yue L, Karr T L, Nathan D F, et al. Genetic analysis of viable *hsp90* alleles reveals a critical role in *Drosophila spermatogenesis* [J]. *Genetics*, 1999, 151: 1065-1079.
- [9] Wen L, Zhang F X, Cai M J, et al. The hormone-dependent function of *hsp90* in the crosstalk between 20-hydroxyecdysone and juvenile hormone signaling pathways in insects is determined by differential phosphorylation and protein interactions [J]. *Biochimica et Biophysica Acta*, 2013, 1830 (11): 5184-5192.
- [10] 索尔卫. RNA 干扰的生物学原理与应用 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2005: 701-711
Son E W. Biological principles of RNA interference and applications [M]. Beijing: Higher Education Press, 2005: 701-711.
- (in Chinese)
- [11] 何正波, 陈 斌, 冯国忠. 昆虫 RNAi 技术及应用 [J]. *昆虫知识*, 2009, 46(4): 525-532.
He Z B, Chen B, Feng G Z. Insect RNAi technology and application [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2009, 46(4): 525-532. (in Chinese)
- [12] Hanneke H, Guy S. Mechanisms of dsRNA uptake in insects and potential of RNAi for pest control: A review [J]. *Journal of Insect Physiology*, 2009, 56(3): 227-235.
- [13] Turner C T, Davy M W, MacDiarmid R M. RNA interference in the light brown apple moth, *Epiphyas postvittana* (Walker) induced by double-stranded RNA feeding [J]. *Insect Molecular Biology*, 2006, 15(3): 383-391.
- [14] Pelham H R B. Speculations on the functions of the major heat shock and glucose-regulated proteins [J]. *Cell*, 1986, 46(5): 959-961.
- [15] Tachibana S I, Numata H, Goto S G. Gene expression of heat-shock proteins (Hsp23, Hsp70 and Hsp90) during and after larval diapause in the blow fly *Lucilia sericata* [J]. *Journal of Insect Physiology*, 2005, 51: 641-647.

(上接第 190 页)

- [11] 曹 凯, 余 新, 赵艳艳, 等. 沙地番茄无土栽培基质的筛选 [J]. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 2013, 41(6): 147-152.
Cao K, She X, Zhao Y Y, et al. Selection of soilless substrate for sand land tomato [J]. *Journal of Northwest A&F University: Nat Sci Ed*, 2013, 41(6): 147-152. (in Chinese)
- [12] 冯海萍, 曲继松, 张丽娟, 等. 柠条发酵粉复配鸡粪基质对黄瓜光合指标和产量的影响 [J]. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 2013, 41(4): 119-124.
Feng H P, Qu J S, Zhang L J, et al. Effects of caragana-straw ferment powder mixed with chicken dung on photosynthetic indexes and yields of cucumber [J]. *Journal of Northwest A&F University: Nat Sci Ed*, 2013, 41(4): 119-124. (in Chinese)
- [13] 徐文俊, 程智慧, 孟焕文, 等. 农业废弃有机物基质配方对番茄生长及产量的影响 [J]. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 2012, 40(4): 127-133.
Xu W J, Cheng Z H, Meng H W, et al. Influence of the formula of organic waste substrate from crop production on growth and yield of tomato [J]. *Journal of Northwest A&F University: Nat Sci Ed*, 2012, 40(4): 127-133. (in Chinese)
- [14] 蒋卫杰, 杨其常. 小康之路·无土栽培特选项目与技术 [M]. 北京: 科学普及出版社, 2008: 46-52.
Jiang W J, Yang Q C. Well-off road · chosen with technology project soilless cultivation [M]. Beijing: Science Popularization Publishing House, 2008: 46-52. (in Chinese)
- [15] 田 洪, 王殿芝, 赵占英, 等. 东北对开蕨的栽培 [J]. *人参研究*, 1997(2): 16-17.
Tian H, Wang D Z, Zhao Z Y, et al. Cultivation of *Phyllitis japonica* [J]. *Study on Ginseng*, 1997(2): 16-17. (in Chinese)
- [16] Nielsen D C, Nelson N O. Black bean sensitivity to water stress at various growth stages [J]. *Crop Sci*, 1998, 38: 422-427.
- [17] Zhang J, Arelli P R, Slepser D A, et al. Genetic diversity of soybean germplasm resistant to *Heterodera glycines* [J]. *Euphytica*, 1999, 107: 205-216.
- [18] 李贵全, 张海燕, 季 兰, 等. 不同大豆品种抗旱性综合评价 [J]. *应用生态学报*, 2006, 17(12): 2408-2412.
Li G Q, Zhang H Y, Ji L, et al. Comprehensive evaluation on drought-resistance of different soybean varieties [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(12): 2408-2412. (in Chinese)
- [19] 余家林. 农业多元试验统计 [M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1993: 141-192.
Yu J L. Multiple experimental statistics in agriculture [M]. Beijing: Beijing Agricultural University Press, 1993: 141-192. (in Chinese)