

# 复羽叶栎树育苗基质配方的筛选

钟军弟,蔡进改,张 涛,刘晚苟,周宏彬,袁长春

(岭南师范学院 生命科学与技术学院,广东 湛江 524048)

**摘 要:**将玉米芯、甘蔗渣、椰子纤维和花生壳 4 种粤西地区资源丰富的农林废弃物分别与消毒鸡粪按 1:1 的比例进行混合发酵腐熟形成 4 种基质:  $S_A$ (玉米芯+鸡粪)、 $S_B$ (甘蔗渣+鸡粪)、 $S_C$ (椰子纤维+鸡粪)、 $S_D$ (花生壳+鸡粪),以 4 种基质为研究对象,运用单形重心设计基质配方方法,根据有机基质:无机基质=2:1 的体积比例,将腐熟的 4 种基质按照不同体积比例和无机基质( $V_{\text{蛭石}}:V_{\text{珍珠岩}}=1:1$ )混合配制成 15 个栽培基质配方;并以砖红壤、砖红壤+复合肥、 $V_{\text{草炭}}:V_{\text{蛭石}}:V_{\text{珍珠岩}}=4:1:1$  3 组为对照组,测定基质理化性质,比较分析不同基质配方下复羽叶栎树幼苗生长情况,研究了基质配方对复羽叶栎树幼苗的影响,以期筛选复羽叶栎树生长的最佳栽培基质配方。结果表明:处理 13 ( $VS_A:VS_C:VS_D:V_{\text{蛭石}}:V_{\text{珍珠岩}}=1.33:1.33:1.33:1:1$ ) 基质配比的各项物理性质指标均在复羽叶栎树适生范围内,化学性质指标均衡且较良好,试验的复羽叶栎树幼苗的株高、茎粗等各项形态特征和生物量指标也生长良好;其次较良好的基质配方还有处理 1 ( $VS_A:V_{\text{蛭石}}:V_{\text{珍珠岩}}=4:1:1$ ) 和处理 12 ( $VS_A:VS_B:VS_D:V_{\text{蛭石}}:V_{\text{珍珠岩}}=1.33:1.33:1.33:1:1$ ),较差的基质配方有处理 14 ( $VS_B:VS_C:VS_D:V_{\text{蛭石}}:V_{\text{珍珠岩}}=1.33:1.33:1.33:1:1$ ) 和处理 15 ( $VS_A:VS_B:VS_C:VS_D:V_{\text{蛭石}}:V_{\text{珍珠岩}}=1:1:1:1:1$ );另外,处理 13 和其它试验基质配方的生产成本较低,均约为草炭成本的 1/3;研究结果显示,处理 13 基质配方为复羽叶栎树最佳基质配方,可作为替代不可再生资源草炭的有机栽培基质。

**关键词:**复羽叶栎树;基质配方;理化性质;生长指标

**中图分类号:**S 684 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)04-0083-07

国际无土栽培学会(ISOSC)指出,凡是不用天然土壤,使用或不使用基质,或用营养液灌溉植物的根系,或用其它施肥方式来种植作物的方法统称为无土栽培<sup>[1-2]</sup>。有机基质栽培为无土栽培的一种简易栽培方式,其不仅解决长期使用化肥和农药,造成土壤板结、次生盐渍化、环境污染、土壤连作障碍等问

题出现<sup>[3]</sup>,还具成本低、技术简单、易于管理、产品品质好等优点<sup>[4]</sup>。性能良好的基质可以单独使用,但多数的基质单一使用都存在着缺点,需与其它基质混配在一起,才会有较好的理化性质,为作物根系的生长创造良好的环境<sup>[5]</sup>。因此,研制并筛选适宜植物生长的基质配方十分必要。

复羽叶栎树(*Koelreuteria bipinnata* Franch)属无患子科栎树属落叶乔木,又名灯笼树,产于云南、贵州、四川、湖北、海南、广西、广东等地<sup>[6]</sup>。其喜光,喜温湿性气候,能耐干旱,为适应性强的树种,也为石灰岩地区的适生树种<sup>[7]</sup>。复羽叶栎树树形优美,枝叶茂密而秀丽,极具观赏价值<sup>[6]</sup>。还能抗污染、抗病菌,净化空气等,为理想的景观绿化树种,也为工业污染区的指示树种<sup>[8-9]</sup>。另外,其根可入药,又可作黄色染料<sup>[6]</sup>。

有关有机质配方方面研究已有较多报道<sup>[10-12]</sup>,但以粤西地区较为常见、易得的农林废弃物如甘蔗

**第一作者简介:**钟军弟(1980-),男,广东遂溪人,硕士,实验师,现主要从事植物学与植物生态学等研究工作。E-mail:jundidi2001@163.com.

**责任作者:**袁长春(1964-),男,博士,教授,研究方向为植物分子生物学。E-mail:yuanchangchun@163.com.

**基金项目:**国家科技部星火计划资助项目(2013GA780090);岭南师范学院校级培育资助项目(YL1502);岭南师范学院协同创新中心资助项目(CIL1503);广东省自然科学基金资助项目(2016A030307016)。

**收稿日期:**2016-09-27

渣、椰子纤维、花生壳和玉米芯等为材料,作为基质配方的筛选研究尚鲜见报道。因此,该试验立足于粤西地区的农业生物质资源和利用基础,以添加鸡粪发酵腐熟的甘蔗渣、椰子纤维、花生壳和玉米芯等为材料,按不同体积比配以珍珠岩和蛭石等无机基质,配制成栽培基质,研究不同基质配方对复羽叶栎树育苗的生长发育影响,筛选出适宜的基质配方,旨在为当地及石灰岩地区复羽叶栎树的有机基质栽培提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试基质材料为玉米芯、甘蔗渣、椰子纤维、花生壳等农业生产废弃物,均采集或购于湛江市赤坎区周边地区,粉碎后以 1:1 的体积比例分别添加消毒的鸡粪进行 4 个月发酵腐熟成有机基质。鸡粪购自湛江市麻章区境内的养鸡场。草炭、珍珠岩和蛭石购自湛江市赤坎区境内的花卉市场。砖红壤采自岭南师范学院生物园内的表层土(0~20 cm)。供试硫酸钾复合肥由湖北鄂中化工有限公司生产(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O 为 15:15:15)。供试材料为复羽叶栎树幼苗。

### 1.2 试验方法

试验于 2014 年 4 月至 2015 年 4 月于岭南师范学院生物园的塑料大棚内进行。根据单形重心设计基质配方方法<sup>[13]</sup>,以有机基质:无机基质=2:1 的体积比例,将与鸡粪混合腐熟的 4 种有机基质按照不同体积比例和无机基质(V 蛭石:V 珍珠岩=1:1)混合配制成 15 个栽培基质配方,以雷州地区较为普遍的砖红壤为对照组 CK1,砖红壤+复合肥为对照组 CK2,常规有机生态型栽培基质(V 草炭:V 蛭石:V 珍珠岩=4:1:1)为对照组 CK3,具体见表 1。

试验采用盆式(31.0 cm×18.5 cm×26.0 cm)栽培,每处理 3 次重复。随机区组排列,试验小区长 4 m、宽 1.2 m,共 6 个小区。于 2015 年 2 月播种复羽叶栎树种子,并于 2015 年 8 月取长势约一致的复羽叶栎树幼苗(茎粗(3.5±0.3) mm,株高(16.1±0.3) cm)进行定植,每盆栽 1 株,定植时浇透水,定植后 10 d 视植株的生长情况和天气浇水。对照组 CK2 的复羽叶栎树定植生长 10 d 后每隔 15 d 追施复合肥 1 次,每次每盆施肥 3 g。在复羽叶栎树生长期间,各处理统一进行除草、杀虫、浇灌等常规管理。

表 1 供试基质配方(体积比)

Table 1 The substrate formula for test (by volume)

处理 Treatment	基质配方 Substrate formula
T1	S <sub>A</sub> :蛭石(vermiculite):珍珠岩(perlite)=4:1:1
T2	S <sub>B</sub> :蛭石:珍珠岩=4:1:1
T3	S <sub>C</sub> :蛭石:珍珠岩=4:1:1
T4	S <sub>D</sub> :蛭石:珍珠岩=4:1:1
T5	S <sub>A</sub> :S <sub>B</sub> :蛭石:珍珠岩=2:2:1:1
T6	S <sub>A</sub> :S <sub>C</sub> :蛭石:珍珠岩=2:2:1:1
T7	S <sub>A</sub> :S <sub>D</sub> :蛭石:珍珠岩=2:2:1:1
T8	S <sub>B</sub> :S <sub>C</sub> :蛭石:珍珠岩=2:2:1:1
T9	S <sub>B</sub> :S <sub>D</sub> :蛭石:珍珠岩=2:2:1:1
T10	S <sub>C</sub> :S <sub>D</sub> :蛭石:珍珠岩=2:2:1:1
T11	S <sub>A</sub> :S <sub>B</sub> :S <sub>C</sub> :蛭石:珍珠岩=1.33:1.33:1.33:1:1
T12	S <sub>A</sub> :S <sub>B</sub> :S <sub>D</sub> :蛭石:珍珠岩=1.33:1.33:1.33:1:1
T13	S <sub>A</sub> :S <sub>C</sub> :S <sub>D</sub> :蛭石:珍珠岩=1.33:1.33:1.33:1:1
T14	S <sub>B</sub> :S <sub>C</sub> :S <sub>D</sub> :蛭石:珍珠岩=1.33:1.33:1.33:1:1
T15	S <sub>A</sub> :S <sub>B</sub> :S <sub>C</sub> :S <sub>D</sub> :蛭石:珍珠岩=1:1:1:1:1:1
CK1	砖红壤(latosol)
CK2	砖红壤(latosol)+复合肥(compound fertilizer)
CK3	草炭(peat):蛭石:珍珠岩=4:1:1

注:S<sub>A</sub>:基质 A(玉米芯+鸡粪),S<sub>B</sub>:基质 B(甘蔗渣+鸡粪),S<sub>C</sub>:基质 C(椰子纤维+鸡粪),S<sub>D</sub>:基质 D(花生壳+鸡粪)。

Note:S<sub>A</sub>:Substrate A(corn cob+chicken manure),S<sub>B</sub>:Substrate B(bagasse+chicken manure),S<sub>C</sub>:Substrate C(coconut fibre+chicken manure),S<sub>D</sub>:Substrate D(peanut shells+chicken manure).

### 1.3 项目测定

1.3.1 基质理化性质的测定 在复羽叶栎树幼苗栽培前测定各处理样品理化性质<sup>[14]</sup>:基质的容重采用环刀法测定,通气孔隙度、持水孔隙度和总孔隙度采用饱和浸提法测定,大小孔隙度=通气孔隙度/持水孔隙度。土壤电导率 EC 值用电导仪(DDS-307A)测定,土壤 pH 采用 pH 计(pH-3C)测定,土壤有机质含量测定采用重铬酸钾氧化—硫酸亚铁还原滴定法,速效氮含量测定采用碱解—扩散吸收法,速效磷含量测定采用碳酸氢钠浸提—钼锑抗比色法,速效钾含量测定采用乙酸铵提取—火焰光度法。

1.3.2 幼苗生长指标测定 复羽叶栎树幼苗移栽基质种植 6 个月后,于 2015 年 4 月测定茎粗、株高、叶轴长、叶片数、小裂叶片面积等形态指标和生物量。采用游标卡尺测量每株的地径粗,直尺自地面至顶芽处测量每株幼苗的株高,记录每株的叶片数,并随机选取每株幼苗的 5 片叶子测量其叶轴长,随机摘取每株幼苗 10 片小裂叶片带回实验室,用激光扫描仪扫描叶轮廓,用 Arcviw 3.2 软件计算小裂叶片面积。挖掘各植株(挖掘时保证复羽叶栎树根的完整性),去泥,分置根、茎、叶各构件部分,称重,并带回实验室置于烘箱内 105 ℃杀青 30 min,70 ℃烘干至恒重,测量各构件的生物量。

## 1.4 数据分析

采用 SPSS 统计软件对试验数据进行 One-way ANOVA 方差分析和 LSD 多重比较分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同基质配方理化性质的比较

基质的理化性质是衡量基质品质的重要指标<sup>[15]</sup>,直接影响植物的生长发育<sup>[16]</sup>。植物适宜生长的基质容重为  $0.10\sim 0.80\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ <sup>[15,17]</sup>,总孔隙度为  $60\%\sim 90\%$ <sup>[4]</sup>,气、水大小孔隙度比适宜范围为  $1:(1.500\sim 4.000)$ <sup>[18-19]</sup>。由表 2 可知,容重为  $0.35\sim 0.47\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ,总孔隙度为  $59.8\%\sim 78.3\%$ ,气、水大小孔隙度比范围为  $1:(1.542\sim 1.747)$ ,均在适宜或安全范围内。砖红壤对照组 CK1 和 CK2 的容重分别为  $1.27\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  和  $1.28\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 、总孔隙度分别为  $30.3\%$  和  $30.7\%$ 、大小孔隙比分别为  $1:6.047$  和  $1:5.822$ ,均远大于或者小于植物生长适宜范围。可见配制的 15 种栽培基质和对照组 CK3 草炭基质的容重、总孔隙度、大小孔隙比均为植物适宜生长的基质。

表 2 不同配方基质的物理性质

Table 2 The physical properties of different substrate formula

处理 Treatment	容重 Bulk density /( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )	通气孔隙度 Air porosity /%	持水孔隙度 Water porosity /%	总孔隙度 Total porosity/%	大小孔隙比 Ratio of air to water space
T1	0.45	26.1	44.3	70.4	1:1.697
T2	0.44	25.5	45.2	70.7	1:1.773
T3	0.35	27.5	47.2	74.7	1:1.716
T4	0.40	21.2	39.1	60.3	1:1.844
T5	0.47	23.7	44.4	68.1	1:1.873
T6	0.39	22.1	38.6	60.7	1:1.747
T7	0.44	30.8	47.5	78.3	1:1.542
T8	0.38	22.3	37.5	59.8	1:1.682
T9	0.45	24.4	38.2	62.6	1:1.566
T10	0.37	26.7	47.0	73.7	1:1.760
T11	0.42	23.5	44.3	67.8	1:1.885
T12	0.41	24.9	46.6	71.5	1:1.871
T13	0.41	22.4	38.8	61.2	1:1.732
T14	0.45	26.5	43.2	69.7	1:1.630
T15	0.41	29.2	47.1	76.3	1:1.613
CK1	1.27	4.3	26.0	30.3	1:6.047
CK2	1.28	4.5	26.2	30.7	1:5.822
CK3	0.38	23.5	45.8	69.3	1:1.949

植物的 EC 值安全范围  $<2.60\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ <sup>[20]</sup>,适宜生长范围为  $0.75\sim 1.50\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ <sup>[21-22]</sup>。由表 3 可知,该试验测定的 EC 值为  $0.78\sim 1.33\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ,均在适宜范围内。而 CK1 和 CK2 的 EC 值分别为

$(10.78\pm 0.07)\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  和  $(10.84\pm 0.09)\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ,均远大于植物生长适宜范围。可见,配制的 15 种栽培基质和对照组 CK3 草炭基质的 EC 值均为植物适宜生长的基质。

复羽叶栎树适宜生长的 pH 范围值为  $6.0\sim 7.8$ <sup>[23]</sup>。该试验测定的各配方基质的 pH 范围为  $7.10\sim 7.77$ ,均在复羽叶栎树生长的适宜范围内。而 CK1 和 CK2 的 pH 分别为  $6.90\pm 0.04$  和  $6.86\pm 0.07$ ,也在复羽叶栎树的适宜生长范围内。

各配方基质中有机质、氮、磷、钾速效养分含量有较大差异。处理 13 基质的有机质含量  $(27.59\pm 2.60)\%$  和速效氮含量  $(1239.6\pm 40.6)\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  最高,显著高于其它各配方基质,但与 CK3 无显著差异,其次较高的有处理 1、10 和 12,较低的有处理 6、7、14 和 15。CK1 和 CK2 的有机质分别为  $(5.50\pm 0.45)\%$  和  $(5.83\pm 0.27)\%$ ,远低于其它各配方基质,CK1 的速效氮含量为  $(72.5\pm 9.8)\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,显著低于其它各配方基质及 CK2  $(96.5\pm 10.3)\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。处理 4 基质的速效钾含量最高,为  $(12682.2\pm 92.3)\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,与处理 1 和 CK3 无显著差异,但显著高于其它各配方基质;其次较高的有处理 2、9 和 13,较低的有处理 6、11、15 和 CK2,最低的是 CK1,为  $(80.5\pm 14.6)\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,显著低于其它各配方基质。处理 5 基质的速效磷含量最高,为  $(1518.7\pm 50.2)\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,显著高于其它各配方基质;其次较高的有处理 6、12 和 13,较低的有处理 8、10、CK3 和 CK2,最低的是 CK1,为  $(3.7\pm 0.4)\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,显著低于其它各配方基质。综合可见,处理 13 基质的各项化学指标含量较为优良和均衡,为最佳基质配方。

### 2.2 不同基质对比对复羽叶栎树形态特征的影响

由表 4 可知,处理 13 的茎粗、叶轴长、叶片数和小裂叶片面积等形态指标均为最佳,与其它处理均呈显著差异,分别为  $(11.81\pm 0.43)\text{ mm}$ 、 $(35.84\pm 0.29)\text{ cm}$ 、 $(22\pm 1)$  片、 $(25.93\pm 0.12)\text{ cm}^2$ ,其次较好的还有处理 1、12 和对照组 CK3,较差的有处理 14、15 和对照组 CK2,最差的为 CK1 其值分别为  $(4.51\pm 0.37)\text{ mm}$ 、 $(13.42\pm 0.16)\text{ cm}$ 、 $(11\pm 1)$  片、 $(3.48\pm 0.27)\text{ cm}^2$ 。处理 13 的株高也是最高,为  $(49.27\pm 1.76)\text{ cm}$ ,与对照组 CK3 和处理 1、5 无显著差异,但显著高于其它配方基质,其次较高的有基质处理 9、10 和 12,较低的有基质处理 14、15 和对照组 CK2,最低的是对照组 CK1,为  $(20.90\pm 0.61)\text{ cm}$ ,显著低于其它各配方基质。以上可见,处理 13 基质的复羽叶栎树各方面生长形态较好,为最佳基质配比。

表 3 不同配方基质的化学性质

Table 3 The chemical properties of different substrate formula

处理 Treatment	EC 值 EC value /(mS·cm <sup>-1</sup> )	pH	有机质含量 Organic matter content /%	速效氮含量 Available N content /(mg·kg <sup>-1</sup> )	速效钾含量 Available K content /(mg·kg <sup>-1</sup> )	速效磷含量 Available P content /(mg·kg <sup>-1</sup> )
T1	1.12±0.04e	7.13±0.05h	24.33±2.00bc	1 183.0±27.3b	12 679.3±95.7a	892.0±9.7f
T2	0.87±0.03i	7.68±0.04b	18.65±1.90f	873.8±16.3f	10 723.0±60.7c	668.4±10.9i
T3	0.78±0.04	7.58±0.03ce	16.12±2.46g	797.5±36.3g	8 782.6±64.5f	716.6±35.9h
T4	1.33±0.03d	7.22±0.05g	20.10±0.68ef	972.7±42.5d	12 682.2±92.3a	672.9±32.4i
T5	0.91±0.04g	7.60±0.02c	18.69±1.56f	883.2±29.4ef	8 698.0±97.5g	1 518.7±50.2a
T6	0.90±0.04gh	7.64±0.05bc	13.47±0.85i	765.8±53.1gh	6 675.4±77.4i	1 140.5±20.8c
T7	0.98±0.05f	7.76±0.03a	14.56±0.78h	777.4±27.8g	9 086.4±87.6f	878.2±20.8fg
T8	0.88±0.03h	7.61±0.04c	22.46±0.77d	999.5±13.7d	7 869.8±65.8g	630.9±45.6i
T9	1.05±0.03ef	7.56±0.03e	23.53±0.43c	997.5±17.3d	11 261.1±89.5b	986.0±42.5e
T10	1.02±0.04ef	7.43±0.02f	25.05±1.34b	1 050.8±25.1c	9 465.1±52.4e	569.3±37.8j
T11	0.91±0.05gh	7.54±0.04e	20.59±1.15e	905.5±34.6e	7 325.5±78.6h	1 054.1±16.9d
T12	0.97±0.02fg	7.10±0.03h	23.62±0.84c	1 038.1±30.2c	7 836.6±59.4g	1 119.2±30.6c
T13	1.00±0.05f	7.12±0.02h	27.59±2.60a	1 239.6±40.6a	11 241.4±50.7b	1 236.6±30.4b
T14	0.98±0.05f	7.53±0.04e	13.45±0.67i	746.3±25.7h	9 662.8±72.3d	748.6±25.8h
T15	0.95±0.04g	7.77±0.03a	15.41±1.75g	785.6±31.9g	7 751.3±92.7h	868.2±15.6g
CK1	10.78±0.07a	6.90±0.04i	5.50±0.45j	72.5±9.8j	80.5±14.6k	3.7±0.4m
CK2	10.84±0.09a	6.86±0.07i	5.83±0.27j	96.5±10.3i	100.5±8.4j	35.2±0.6l
CK3	1.69±0.05c	6.27±0.04j	26.88±1.98a	1 236.5±11.5a	12 638.2±75.6a	308.3±7.8k

注:表中数据为平均数±标准误;同一列内不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著,以下同。

Note: Each value in the table represents mean±standard error; in the same column, different lowercase letters indicate distinct difference at the level of  $\alpha=0.05$ , the same as below.

表 4 不同基质配比处理对复羽叶栎树幼苗形态特征的影响

Table 4 Effect of different substrate formula on morphological characteristics of *Koelreuteria bipinnata* seedling

处理 Treatment	茎粗 Stem diameter/mm	株高 Plant height/cm	叶轴长 Rachis length/cm	叶片数 Leaf number/片	小裂叶片面积 Crack blade area/cm <sup>2</sup>
T1	9.91±1.26bc	49.07±0.25a	32.02±0.80c	20±1b	19.90±0.15c
T2	8.41±0.65cd	43.53±0.35c	28.76±0.56e	18±1c	12.80±0.17f
T3	7.57±0.81de	41.20±0.53d	26.37±0.49fg	19±1bc	13.90±0.42d
T4	8.68±0.65cd	37.47±0.70e	26.71±0.52fg	18±1c	9.98±0.07h
T5	6.69±0.16e	49.00±0.32a	26.31±0.77fg	19±1bc	9.05±0.15i
T6	8.69±0.43cd	36.47±0.75e	29.12±0.41e	19±1bc	13.42±0.81e
T7	7.77±0.24d	41.73±0.68d	28.20±0.75ef	17±1cd	14.32±0.06d
T8	7.73±0.39d	40.53±0.50d	24.14±0.81h	19±1bc	7.79±0.39k
T9	8.41±0.34cd	43.17±0.62c	29.88±0.35de	19±1bc	13.01±0.28ef
T10	8.98±0.23c	47.23±0.31b	25.51±0.49g	19±1bc	9.93±0.19h
T11	7.48±0.47de	40.30±0.05d	24.87±0.20gh	19±1bc	9.76±0.25h
T12	9.18±0.26c	43.90±0.50c	30.38±0.47d	20±1b	12.05±0.35g
T13	11.81±0.43a	49.27±0.76a	35.84±0.29a	22±1a	25.93±0.12a
T14	8.54±0.22cd	31.40±0.61g	25.31±0.87gh	16±1d	9.00±0.25i
T15	6.78±0.39e	37.02±0.70e	23.68±0.28h	15±1de	11.82±0.16g
CK1	4.51±0.37g	20.90±0.61h	13.42±0.16i	11±1f	3.48±0.27m
CK2	5.48±0.62f	34.93±0.51f	27.12±0.43f	14±1e	8.36±0.57j
CK3	10.17±0.61b	49.23±0.31a	34.51±0.72b	20±1b	20.82±0.14l

### 2.3 不同基质对比对复羽叶栎树幼苗生物量的影响

由表 5 可以看出,处理 13 的各个指标生物量均最佳,地上生物量(22.54±0.78)g,地下生物量(14.30±0.57)g,总生物量(36.84±0.73)g,与其它处理间差异显著,茎生物量为(10.34±0.78)g,与处

理 1 和 CK3 无显著差异。可见,处理 13 为无土轻基质栽培栎树幼苗的最佳配比。从各生物量综合情况来看,复羽叶栎树幼苗生长状况较好的还有处理 1 和对照组 CK3,较差的是处理 7、11、14、15 和对照组 CK2,最差的为 CK1,仅有(4.03±0.02)g。从根冠比来看,所有处理的根冠比均小于 1,但 CK1 的值较接

近 1, 为  $0.82 \pm 0.03$ , 说明对照组的砖红壤不利于复羽叶栎树的生长, 复羽叶栎树为适应恶劣的土质环境, 增加根系资源的分配, 尽可能的获取更多的外界

资源。其余处理的根冠比均在 0.67 以下, 说明复羽叶栎树的生长较好, 复羽叶栎树各部分的资源分配较为均衡。

表 5 不同轻基质配方处理对复羽叶栎树生物量的影响

Table 5 Effect of different media formula on physiological characteristics of biomass of *Koelreuteria bipinnata*

处理	根生物量	茎生物量	叶生物量	地上生物量	地下生物量	总生物量	根冠比
Treatment	Root dry weight/g	Stem dry weight/g	Leaf dry weight/g	Shoot dry weight/g	Root dry weight/g	Whole plant dry weight/g	Root-shoot ratio
T1	$10.98 \pm 0.43c$	$10.09 \pm 0.24a$	$9.62 \pm 0.75c$	$19.71 \pm 0.52c$	$10.98 \pm 0.43c$	$30.7 \pm 0.50c$	$0.56 \pm 0.03cd$
T2	$10.26 \pm 0.14cd$	$8.46 \pm 0.41c$	$8.46 \pm 0.79d$	$16.92 \pm 0.47e$	$10.26 \pm 0.14cd$	$27.17 \pm 0.48d$	$0.61 \pm 0.02bc$
T3	$9.03 \pm 0.45e$	$6.68 \pm 0.28de$	$7.22 \pm 0.50e$	$13.90 \pm 0.78g$	$9.03 \pm 0.45e$	$22.93 \pm 0.83ef$	$0.65 \pm 0.05b$
T4	$6.88 \pm 0.44g$	$6.54 \pm 0.36e$	$10.74 \pm 0.08bc$	$17.28 \pm 0.42de$	$6.88 \pm 0.44g$	$24.16 \pm 0.74e$	$0.40 \pm 0.02e$
T5	$7.63 \pm 0.23fg$	$6.47 \pm 0.16e$	$8.49 \pm 0.14d$	$14.96 \pm 0.29fg$	$7.63 \pm 0.23fg$	$22.59 \pm 0.15f$	$0.51 \pm 0.02d$
T6	$7.20 \pm 0.75g$	$7.27 \pm 0.21d$	$8.55 \pm 0.54d$	$15.83 \pm 0.75f$	$7.20 \pm 0.75g$	$23.03 \pm 0.16ef$	$0.46 \pm 0.07d$
T7	$8.08 \pm 0.14f$	$4.62 \pm 0.52f$	$7.55 \pm 0.16e$	$12.17 \pm 0.49h$	$8.08 \pm 0.14f$	$20.25 \pm 0.63g$	$0.66 \pm 0.02b$
T8	$7.02 \pm 0.60g$	$7.28 \pm 0.99d$	$7.09 \pm 0.57ef$	$14.37 \pm 0.84g$	$7.02 \pm 0.60g$	$21.39 \pm 0.11fg$	$0.49 \pm 0.05d$
T9	$10.04 \pm 0.49d$	$5.96 \pm 0.25e$	$10.58 \pm 0.18bc$	$16.54 \pm 0.43ef$	$10.04 \pm 0.49d$	$26.58 \pm 0.90d$	$0.61 \pm 0.02bc$
T10	$9.00 \pm 0.42e$	$9.33 \pm 0.51b$	$8.22 \pm 0.73de$	$17.55 \pm 0.28de$	$9.00 \pm 0.42e$	$26.56 \pm 0.58d$	$0.51 \pm 0.02d$
T11	$8.05 \pm 0.30f$	$6.19 \pm 0.21e$	$6.41 \pm 0.29f$	$12.60 \pm 0.32h$	$8.05 \pm 0.30f$	$20.66 \pm 0.6g$	$0.64 \pm 0.01bc$
T12	$8.42 \pm 0.18ef$	$8.09 \pm 0.49c$	$10.19 \pm 0.22c$	$18.29 \pm 0.71d$	$8.42 \pm 0.18ef$	$26.71 \pm 0.59d$	$0.46 \pm 0.03d$
T13	$14.30 \pm 0.57a$	$10.34 \pm 0.78a$	$12.21 \pm 0.25a$	$22.54 \pm 0.78a$	$14.30 \pm 0.57a$	$36.84 \pm 0.73a$	$0.63 \pm 0.04bc$
T14	$7.21 \pm 0.64g$	$6.18 \pm 0.44e$	$6.03 \pm 0.41f$	$12.22 \pm 0.83h$	$7.21 \pm 0.64g$	$19.42 \pm 0.87g$	$0.59 \pm 0.05c$
T15	$6.03 \pm 0.19h$	$5.03 \pm 0.28f$	$5.29 \pm 0.15g$	$10.32 \pm 0.39i$	$6.03 \pm 0.19h$	$16.34 \pm 0.57h$	$0.58 \pm 0.01c$
CK1	$1.82 \pm 0.01j$	$1.14 \pm 0.01h$	$1.07 \pm 0.02i$	$2.21 \pm 0.02k$	$1.82 \pm 0.01j$	$4.03 \pm 0.02j$	$0.82 \pm 0.03a$
CK2	$2.56 \pm 0.51i$	$2.55 \pm 0.15g$	$3.76 \pm 0.44h$	$6.31 \pm 0.44j$	$2.56 \pm 0.51i$	$8.87 \pm 0.90i$	$0.40 \pm 0.06e$
CK3	$11.94 \pm 0.18b$	$9.93 \pm 0.48ab$	$11.21 \pm 0.04b$	$21.13 \pm 0.51b$	$11.94 \pm 0.18b$	$33.08 \pm 0.38b$	$0.57 \pm 0.02cd$

## 2.4 不同基质配比成本估算

由表 6 可知, 对照组草炭土的成本 ( $450 \text{ 元} \cdot \text{m}^{-3}$ ) 最高, 约为其它试验基质成本的 3 倍。各试验基质

配比之间生产成本差异不大, 除了运输和粉碎的机械与人工等投入外, 其本身的成本较低, 因此, 较为适合推广作为无土栽培的固体基质。

表 6 不同基质配方成本估算

Table 6 The cost estimate in different substrates

处理 Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	CK3
基质成本 Substrates cost/(元 $\cdot \text{m}^{-3}$ )	154	158	156	158	156	155	157	158	157	157	156	157	156	157	157	450

## 3 结论与讨论

在无土育苗过程中, 基质是幼苗培育的基础条件, 基质特性决定了对幼苗水分和营养的供给状况, 影响着幼苗的生长发育, 是决定幼苗质量的关键因素<sup>[24-25]</sup>。该试验测定的 15 种基质配方物理性质均在复羽叶栎树生长适宜范围内, 各个基质配方的化学性质及各形态特征和生物量生长指标均优于对照组 CK1 砖红壤。CK2 砖红壤+复合肥通过追施复合肥在一定程度上可以改良土壤性质, 促进植物某些形态指标的生长, 但其并未按相应的比例积累植物各个构件生物量及总生物量。该试验的复羽叶栎树幼苗株高 ( $34.93 \pm 0.51$ ) cm 和叶轴长 ( $27.12 \pm 0.43$ ) cm 等形态指标较某些基质配方的高或长, 但其各构件生物量及总生物量均不及各基质配方。可见, 土培追施复合肥法虽然在一定程度上促进植物某些形态指标的生长, 但其并未按相应的比例积累

植物的生物量。说明, 有机基质栽培植物效果远优于土培法, 作物有机基质栽培方式的推广及发展势在必行。

优良的育苗基质应具有合理的理化性质和稳定的生物学特性<sup>[26]</sup>, 可为苗木生长发育提供均衡且充足的养分和水分<sup>[25]</sup>。该试验处理 13 基质配方 ( $VS_A : VS_C : VS_D : V_{\text{蛭石}} : V_{\text{珍珠岩}} = 1.33 : 1.33 : 1.33 : 1 : 1$ ) 的各项物理性质指标均在复羽叶栎树适生范围内; 处理 13 基质的有机质和速效氮含量最高, 显著高于其它各配方基质, 但与 CK3 无显著差异; 处理 13 基质的速效磷含量较高, 仅次于处理基质 5; 处理 13 基质的速效钾含量也相对较高, 次于处理 1 基质和 CK3, 与处理 9 无显著差异, 但显著高于其它各配方基质; 处理 13 基质的茎粗、叶片数、叶轴长和小裂叶片面积等形态指标及地上、地下生物量、总生物量均为最佳, 与其它处理均呈显著差异; 处理 13 基质的株高和茎的生物量也是最高, 与对照

组 CK3 和处理 1 无显著差异,但显著高于其它配方基质;处理 13 基质的根冠比为 0.63,小于 1,复羽叶栎树各部分的资源分配较为均衡。从基质成本来看,处理 13 基质配方的生产成本较低,为  $156 \text{ 元} \cdot \text{m}^{-3}$ ,约为草炭的 1/3。综上可知,处理 13 基质配方的物理性质合理,化学性质均衡且良好,试验的复羽叶栎树幼苗生长指标良好,生产的成本也较低,为该试验的最佳基质配方,可作为栽培复羽叶栎树的最佳有机栽培基质。另外,处理 1 基质的速效磷含量  $(892.0 \pm 9.7) \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  和处理 12 基质的速效钾含量  $(7\ 836.6 \pm 59.4) \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  虽然相对较低,但二者其余各项理化指标、形态特征和生物量指标均较高或适宜。说明处理 1 和处理 12 基质配方的栽培效果也较良好。处理 14 和 15 基质的各项指标相对较低,栽培效果较差,应尽量弃用。研究结果只反映复羽叶栎树的栽培配方筛选方面上,是否适用于其它植物的配方栽培有待进一步研究。

#### 参考文献

- [1] 尹秀丽,张喜春,范双喜,等.设施番茄无土栽培矿质元素养分变化动态[J].农业环境科学学报,2010,29(增刊):36-42.
- [2] 万红,陶磅,孔令明.草莓有机生态型盆栽基质研究[J].北方园艺,2014(8):149-152.
- [3] 刘建华,肖光辉,李青峰.蔬菜有机生态型无土栽培研究进展[J].湖南农业科学,2012(19):52-55,62.
- [4] 徐文俊,程智慧,孟焕文,等.农业废弃物有机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.
- [5] 刘艳伟,吴景贵.有机栽培基质的研究现状与展望[J].北方园艺,2011(10):172-176.
- [6] 中国科学院中国植物志编辑委员会.中国植物志:第 47 卷第 1 分册[M].北京:科学出版社,1985.
- [7] 蔡喜悦,陈晓德,刘成,等.外源钙对于旱胁迫下复羽叶栎树幼苗水分及光合特性的影响[J].北方园艺,2013(10):58-62.
- [8] 中国科学院植物研究所.中国高等植物图鉴[M].4 版.北京:科学出版社,2002.
- [9] 国家药典委员会.中华人民共和国药典[M].北京:化工出版

社,2005.

- [10] 邓华平,杨桂娟.不同基质配方对金叶榆容器苗质量的影响[J].林业科学研究,2010,23(1):138-142.
- [11] CABALLERO R, PAJUELO P, ORDOVAS J, et al. Evaluation and correction of nutrient availability to *Gerbera Jamesonii* H. Bolus in various compost-based growing media[J]. Scientia Horticulturae, 2009, 122:244-250.
- [12] 欧建德,吴志庄.南方红豆杉盆栽轻型基质配方优化[J].东北林业大学学报,2015,43(9):52-55,89.
- [13] 王玉杰.单形格子和单形重心设计统计模型的优化分析方法[J].生物数学学报,1998,13(1):124-128.
- [14] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [15] 贾荣,程智慧,徐文俊,等.辣椒穴盘育苗有机基质配方的筛选[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2010,38(7):136-140.
- [16] 吴志行,凌丽娟,张义平.蔬菜无土育苗基质选用理论与技术的研究[J].农业工程学报,1988(3):21-25.
- [17] De BOODT M, VERDONCK O. The physical properties of the substrates in hort[J]. Acta Horticulturae, 1972(26):37-44.
- [18] 杨梅,刘建辉,李世栋,等.基质配方和施肥量对厚皮甜瓜幼苗生长及生理特性的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2007,35(7):169-173.
- [19] 李天林,沈兵,李红霞.无土栽培中基质培料的参考因素与发展趋势(综述)[J].石河子大学学报(自然科学版),1999,3(3):250-255.
- [20] 程斐,孙朝晖,赵玉国,等.芦苇末有机栽培基质的基本理化性能分析[J].南京农业大学学报,2001,24(3):19-22.
- [21] 龚小强,孙向阳,张璐,等.复合型有机改良剂对园林废弃物堆肥基质改良研究[J].西北林学院学报,2013,28(2):196-201.
- [22] 国家环境保护总局.土壤环境质量标准:GB15618-1995[S].北京:中国标准出版社,1995.
- [23] 雷宏儒,梁学云,张安刚,等.四川盆地丘陵区桉树经营技术探讨[J].四川林勘设计,2015(2):94-96.
- [24] 吴君,吴冬,楼雄珍.不同基质配比及复合肥处理对 3 年生楠木容器苗生长的影响[J].西部林业科学,2015,44(1):109-120.
- [25] 秦爱丽,郭泉水,简尊吉,等.不同育苗基质对圃地崖柏出苗率和苗木生长的影响[J].林业科学,2015,51(9):9-17.
- [26] 李婧,郁继华,颜建明,等.不同配比基质对番茄穴盘苗品质的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2012,40(11):165-171.

## Screening of Substrate Formula for Seedling of *Koelreuteria bipinnata*

ZHONG Jundi, CAI Jingai, ZHANG Tao, LIU Wangou, ZHOU Hongbin, YUAN Changchun

(School of Life Science and Technology, Lingnan Normal University, Guangdong, Zhanjiang 524048)

**Abstract:** Taking four mixed-substrates:  $S_A$  (corn-cob + chicken manure),  $S_B$  (bagasse + chicken manure),  $S_C$  (coconut fibre + chicken manure),  $S_D$  (peanut shells + chicken manure) as test material, fermented by agriculture-forestry organic wastes rich in western part of Guangdong such as corn cob, bagasse, coconut fibre, peanut shells with disinfected chicken manure at the ratio of 1 : 1, and applying the statistical method of Simplex Centre and according to the volume ratio = 2 : 1 of organic and inorganic matrix, 15 treatments were mixed by different

# 宿根福禄考幼苗对盐胁迫的生理响应

姜云天<sup>1</sup>, 李玉梅<sup>2</sup>, 张秋菊<sup>1</sup>, 孙忠林<sup>1</sup>

(1. 通化师范学院 生命科学学院, 吉林 通化 134002; 2. 吉林师范大学 生态环境研究所, 吉林 四平 136000)

**摘要:**以盆栽宿根福禄考幼苗为试材,研究了不同浓度的 NaCl 胁迫处理对其叶片丙二醛、可溶性糖、可溶性蛋白质和游离脯氨酸含量的影响,以探讨宿根福禄考幼苗对盐胁迫的生理适应特性。结果表明:在低于  $120 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaCl 胁迫处理下,宿根福禄考幼苗丙二醛含量增加幅度并不大;当胁迫浓度超过  $120 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  时,其含量骤然增加;随着 NaCl 胁迫浓度的升高,可溶性糖、游离脯氨酸、可溶性蛋白质含量均呈“先升高后下降”的趋势;可溶性糖和游离脯氨酸二者同步积累,共同发挥其渗透调节功能。

**关键词:**宿根福禄考; NaCl 胁迫; 丙二醛(MDA); 渗透调节

**中图分类号:**S 682.1<sup>+</sup>9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)04-0089-05

土壤是植物赖以生存的物质基础,而土壤中的盐分则是植物生长所必需的营养元素。适量的盐分

**第一作者简介:**姜云天(1975-),男,硕士,讲师,现主要从事园艺植物逆境生理等研究工作。E-mail:wwwjyt@126.com.

**责任作者:**李玉梅(1976-),女,博士,副研究员,现主要从事植物逆境生理与生态等研究工作。E-mail:mmmlym@126.com.

**基金项目:**通化师范学院自然科学基金资助项目(201248);吉林省大学生创新创业训练计划资助项目(thsyl135);吉林省科技计划资助项目(20141705)。

**收稿日期:**2016-09-29

促进植物的生长,一旦土壤中的盐分积累过量则会对植物的生长发育造成水分亏缺<sup>[1]</sup>、离子毒害<sup>[2-3]</sup>、营养失衡<sup>[4]</sup>和氧化胁迫<sup>[5-6]</sup>等系列伤害,最终导致植物生理代谢功能紊乱<sup>[7]</sup>、生长受到抑制<sup>[8-9]</sup>,甚至植株死亡。因此,研究植被对盐碱胁迫的生理响应特征,明确其耐盐碱机理,对今后合理开发及利用盐碱地及园林绿化植被的选择具有重要意义。

宿根福禄考(*Phlox paniculata* L.)属花忍科福禄考属多年生宿根草本植物,又名天蓝绣球、锥花福禄考,原产北美洲。由于其花期长、花色艳丽,耐寒

proportions with inorganic medium composed of vermiculite and perlite at the volume ratio of 1 : 1. Taking latosol, latosol plus compound fertilizer and V(peat) : V(vermiculite) : V(perlite) = 4 : 1 : 1 as the control groups, the physical and chemical property of the substrates and growth index of *Koelreuteria bipinnata* seedling were investigated to study the effects of different substrate formulations on the growth of *Koelreuteria bipinnata* seedling, and then to screen the best culture medium formula for *Koelreuteria bipinnata*. The results showed that the physical properties of treatment 13 ( $VS_A : VS_C : VS_D : V(\text{vermiculite}) : V(\text{perlite}) = 1.33 : 1.33 : 1.33 : 1 : 1$ ) were all suitable for the growth of *Koelreuteria bipinnata*. The chemical property of treatment 13 were better and more balanced than other substrates, and the morphological characteristics such as plant height and stem diameter, and biomass indices of *Koelreuteria bipinnata* seedlings on treatment 13 substrate grew better too. In addition, the indexes of substrate were more favorable in treatment 1 ( $VS_A : V(\text{vermiculite}) : V(\text{perlite}) = 4 : 1 : 1$ ) and treatment 12 ( $VS_A : VS_B : VS_D : V(\text{vermiculite}) : V(\text{perlite}) = 1.33 : 1.33 : 1.33 : 1 : 1$ ), but poorer in treatment 14 ( $VS_B : VS_C : VS_D : V(\text{vermiculite}) : V(\text{perlite}) = 1.33 : 1.33 : 1.33 : 1 : 1$ ) and treatment 15 ( $VS_A : VS_B : VS_C : VS_D : V(\text{vermiculite}) : V(\text{perlite}) = 1 : 1 : 1 : 1 : 1$ ). Production costs of treatment 13 and other test substrates were lower, which were about 1/3 of the peat's cost. Treatment 13 was the best substrate for the growing of *Koelreuteria bipinnata* seedlings, which can substitute non-renewable resources of peat.

**Keywords:** *Koelreuteria bipinnata*; substrate formulism; physicochemical properties; growth index