

蚯蚓粪、椰糠复配基质对三七种苗生长的影响

汪佳维, 王华磊*, 王灿彬, 李金玲, 罗春丽, 罗夫来,
林洁, 陈松树, 李丹丹, 赵致

(贵州大学农学院, 贵州省药用植物繁育与种植重点实验室, 贵州 贵阳 550025)

摘要: 为探究蚯蚓粪、椰糠复配基质对三七种苗生长的影响, 采用单因素随机区组试验设计, 分为蚯蚓粪组 (处理 T1 ~ T4)、椰糠组 (处理 T5 ~ T8)、蚯蚓粪 + 椰糠组 (处理 T9 ~ T11), 传统育苗基质草炭: 蛭石 = 2:1 (体积比) 为对照组 (CK), 共 12 个处理, 结合相关性和隶属函数法综合评价, 客观有效地筛选出适合三七苗生长的基质配方。结果表明: 椰糠组容重较小, 孔隙度较大, 大小孔隙比接近最优值 0.5 (T5 为 0.5), pH 在三七种苗生长适合范围内, 有机质含量高, 全氮、全磷、有效磷、碱解氮与 CK 相近。T5、T6、T7、T8 的隶属函数值综合排名均高于 CK, 其中 T5 排名最高, 其根鲜重、地上部鲜重、根冠比、壮苗指数、G 值均优于其他处理, 分别较 CK 提高了 34.84%、12.50%、14.58%、84.05%、37.50%。说明 T5 [椰糠: 草炭: 蛭石: 生土 = 0.5: 1.5: 1: 1 (体积比)] 的理化指标较适合三七种苗生长, 可作为三七育苗的复配基质配方。

关键词: 三七种苗; 蚯蚓粪; 椰糠; 隶属函数法

三七 [*Panax notoginseng* (Burk) F. H. Chen] 又名田七, 为五加科人参属多年生草本植物, 是我国传统名贵大宗中药材^[1], 主产于云南文山, 具有消肿定痛、散瘀止血的疗效, 可用于治疗心脑血管疾病、血液系统疾病和中枢神经系统疾病^[2-3]。优质的种苗是三七栽培的关键, 采用基质育苗可有效解决三七连作障碍导致的土地资源紧缺问题, 基质育苗还可放置于温室大棚内, 满足三七苗生长对环境气候严格的要求。目前, 草炭作为最常用的育苗基质, 广泛运用于园艺植物栽培, 但草炭是不可再生资源, 常用各种农业废弃物、工业生产废弃物、畜禽粪便等其他基质替代草炭^[4], 如菇渣、稻壳、椰糠、牛粪、蚯蚓粪、煤渣、酒糟等^[5-6]。

蚯蚓粪具有微孔结构, 质地较为疏松, 能使土

壤从板结变成团粒结构, 可抑制水肥流失, 是一种优质的育苗基质, 能给植物生长提供所需的氮、磷、钾、锌、镁及其他多种微量元素, 以及大量有机质、腐植酸等^[7-8], 具有改良土壤微生物环境的作用, 可减少面源污染^[9]。研究表明, 蚯蚓粪: 蛭石 = 7:3 (体积比) 可提高棉花幼苗单株干物重、成苗率和移栽成活率, 且优于商品基质^[10], 蚯蚓粪: 草炭: 园土 = 2:3:1 (体积比) 可使葡萄扦插苗生长指标及根系指标达到最佳, 显著优于对照草炭: 园土 = 3:1 (体积比)^[11]。椰糠具有保水性和透气性良好、可再生、加工工艺成熟及运输成本较低等优点, 已成为国内外广泛应用的新型基质^[12]。椰糠: 沙子: 有机肥 = 22:1:1 (体积比) 可提高辣椒幼苗的全株干/鲜质量、根体积、壮苗指数^[13], 椰糠: 珍珠岩 = 3:1 (体积比) 添加 2 kg/m³ 缓释肥可以应用于盆栽袋鼠花生产, 替代不可再生的草炭^[14]。

本研究以蚯蚓粪、椰糠及草炭为主要原料, 与蛭石、生土按照不同体积混合, 作为三七的育苗复配基质, 探究蚯蚓粪和椰糠复配基质对三七种苗生长的影响, 以期筛选出适宜三七种苗生长的基质复配方案, 为三七育苗复配基质的研发和生产提供技术支撑, 也为三七的生态种植提供理论依据。

收稿日期: 2021-02-01; 录用日期: 2021-04-01

基金项目: 贵州省科技计划项目“三七引种及栽培技术研究与示范 (黔科合支撑 [2017] 2893); 贵州省药用植物繁育与种植人才基地 (黔人领发 [2013] 15 号, 黔人领发 [2020] 2 号); 贵州省特色粮油作物栽培与生理生态研究科技创新人才团队 (黔科合平台人才 [2019] 5613 号); 贵州省生物学一流学科建设项目 (GNYL [2017] 009)。

作者简介: 汪佳维 (1994-), 硕士研究生, 研究方向为药用植物栽培。E-mail: 854473604@qq.com。

通讯作者: 王华磊, E-mail: 273649438@qq.com。

1 材料与方法

1.1 试验材料

三七种子购买自云南文山, 经贵州大学中药材研究所王华磊教授鉴定为五加科人参属成熟无病害

的新鲜三七种子, 原料基质蚯蚓粪、草炭、蛭石购自山东醉花园艺有限公司, 椰糠购自福建几米阳光园艺有限公司, 原料基质的基本理化性质如表 1、表 2 所示。

表 1 原料基质的物理性质

原料基质	容重 (g/cm^3)	总孔隙度 (%)	通气孔隙度 (%)	持水孔隙度 (%)	大小孔隙比	pH 值
蚯蚓粪	0.64	62.02	6.4	55.65	0.11	7.83
草炭	0.08	81.90	15.7	66.25	0.24	5.98
椰糠	0.09	78.85	7.5	71.35	0.10	6.35

表 2 原料基质的化学性质

原料基质	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	全磷 (g/kg)	全钾 (g/kg)	有效磷 (mg/kg)	碱解氮 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
蚯蚓粪	107.64	5.47	3.23	16.89	627.30	99.16	2291.66
草炭	713.22	6.21	0.62	4.07	131.86	144.55	1354.67
椰糠	643.72	4.03	0.54	15.09	137.03	62.14	16316.33

1.2 试验方法

试验以层积处理后的三七种子为原料, 采用随机区组设计, 设置蚯蚓粪组 (处理 T1 ~ T4)、椰糠组 (处理 T5 ~ T8)、蚯蚓粪 + 椰糠组 (处理 T9 ~ T11), 草炭 : 蛭石 = 2 : 1 (体积比) 为对照 CK, 共 12 个处理 (表 3)。每个处理重复 3 次, 每个重复 3 个育苗框 ($50 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}$), 其中 T4 为纯蚯蚓粪处理, T8 为纯椰糠处理, 其他处理均以一定的体积替换草炭。遮阴条件为透光率 12.06% 的黑色遮阴网, 于 8 月下旬出现大量叶片泛黄时施一次复合肥 ($375 \text{ kg}/\text{hm}^2$)。

表 3 不同基质处理复配体积比

处理	蚯蚓肥	草炭	蛭石	生土	椰糠
T1	0.5	1.5	1	1	—
T2	1	1	1	1	—
T3	1.5	0.5	1	1	—
T4	2	—	1	1	—
T5	—	1.5	1	1	0.5
T6	—	1	1	1	1
T7	—	0.5	1	1	1.5
T8	—	—	1	1	2
T9	0.5	—	1	1	1.5
T10	1	—	1	1	1
T11	1.5	—	1	1	0.5
CK	—	2	1	1	—

1.3 测定方法

1.3.1 基质物理性质的测定

采用体积为 200 mL 的环刀, 称量环刀质量为 M_0 , 将环刀加满样品后质量为 M_1 , 将环刀完全浸泡在水中 24 h 后质量为 M_2 , 将浸泡后的环刀重力失水 12 h 后质量为 M_3 , 放入烘干箱 36 h 后质量为 M_4 。以下为指标测定的相关公式^[15]:

$$\text{容重} (\text{g}/\text{cm}^3) = (M_4 - M_0) / 200$$

$$\text{总孔隙度} (\%) = (M_2 - M_4) / 200 \times 100$$

$$\text{通气孔隙度} (\%) = (M_2 - M_3) / 200 \times 100$$

$$\text{持水孔隙度} (\%) = \text{总孔隙度} - \text{通气孔隙度}$$

$$\text{大小孔隙比} = \text{通气孔隙度} / \text{持水孔隙度}$$

1.3.2 基质 pH 及化学性质的测定

将风干的基质与蒸馏水按 1 : 5 (体积比) 混合, 置于摇床振荡 30 min, 用定性滤纸进行过滤, 提取滤液, 用 pH 计测定基质 pH^[16]。基质全氮测定采用凯氏定氮法, 全磷采用 $\text{HClO}_4\text{-H}_2\text{SO}_4$ 法, 全钾采用火焰光度法, 速效钾采用 NH_4OAc 浸提, 火焰光度法, 有效磷采用 NaHCO_3 浸提 - 钼锑抗比色法, 碱解氮采用碱解扩散法, 有机质采用重铬酸钾 - 浓硫酸外加热法^[17-18]。

1.3.3 三七种苗生长指标的测定

出齐苗后于 2020 年 6 月 11 日、8 月 13 日、10 月 15 日定株测定三七种苗地上部分各生长指标, 2020 年 9 月 24 日、12 月 15 日每个处理取 100 株

统计病株率、存苗率，2020年12月15日取全株测定地上和地下部生长指标。

中叶长、中叶宽用直尺测量；株高用直尺测量茎基部至叶柄最顶端的距离；茎粗用游标卡尺量取刚出土位置的茎直径；主根粗用游标卡尺测量最粗的部位；将种苗洗净吸干水分后用电子天平称量地上部鲜重、根鲜重；地上部和地下部于烘箱中105℃杀青15 min，80℃烘至恒重后称干质量；叶绿素含量用SPAD叶绿素仪测定；芽长用直尺测量；芽粗用游标卡尺测量。

根冠比 = 根鲜重 / 地上部鲜重

叶面积 = 中叶长 × 中叶宽 × 0.6348^[19]

生病率 (%) = 生病株数 / 100 × 100

存苗率 (%) = 存苗株数 / 100 × 100

壮苗指数 = (主根粗 / 株高 + 地下部干重 / 地上部干重) × 全株干重

G 值 (干物质积累速率) = 全株干重 / 育苗天数

1.4 综合评价方法

利用隶属函数法进行综合评价^[20]。

与壮苗指数呈正相关的参数采用以下公式：

隶属函数值 = $(X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$

与壮苗指数呈负相关的参数采用以下公式：

反隶属函数值 = $1 - (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$

式中，X 为某一项所测指标的测定值， X_{\max} 和 X_{\min} 为某一项所测指标所有参试种的最大值和最小值。

将隶属函数值累加，取平均值，平均值越大，则该处理种苗生长越好。

1.5 数据处理

采用 DPS V9.01 对数据进行差异显著性检验 (Duncan 新复极差法, $\alpha = 0.05$)、SPSS 26.0 做相关性分析、Excel 2010 进行数据整理和制图。

2 结果与分析

2.1 不同复配基质理化性质

复配基质物理性质：植物生长与基质的理化性质密切相关，理想育苗基质的质量标准为：容重 0.1 ~ 0.8 g/cm³^[21]，总孔隙度 69% ~ 91%，通气孔隙度 15% ~ 45%，持水孔隙度 40% ~ 75%^[22]，pH 5.8 ~ 7.0，大小孔隙比 (气水比) 在 0.25 ~ 0.67 之间，且越接近 0.5，基质的保水透气性越好^[23-24]。由表 4 可知，各处理的容重、通气孔隙度、持水孔隙度、大小孔隙比均在理想范围内。蚯蚓粪组、蚯蚓粪 + 椰糠组的容重相对于椰糠组和 CK 较大，且随蚯蚓粪比例增大而增大。椰糠组的总孔隙度和持水孔隙度均显著高于除 CK 外的其他处理组。T5 的大小孔隙比为 0.5，说明 T5 的保水透气性较好。椰糠组的 pH 显著低于其他处理组，且与 CK 的 pH 接近，蚯蚓粪组和蚯蚓粪 + 椰糠组的 pH 都高于 7.0，适合三七生长的 pH 为 5.5 ~ 7.0^[25]，因此，椰糠组的 pH 较适合三七生长。

表 4 不同复配基质的物理性质

处理	容重 (g/cm ³)	总孔隙度 (%)	通气孔隙度 (%)	持水孔隙度 (%)	大小孔隙比	pH 值
T1	0.27 ± 0.07f	73.79 ± 0.05c	24.39 ± 0.65bcd	49.40 ± 0.49abc	0.49 ± 0.04bc	6.87 ± 0.12g
T2	0.38 ± 0.03d	69.14 ± 0.02d	22.86 ± 0.16cd	46.28 ± 0.14cd	0.49 ± 0.08c	7.20 ± 0.17f
T3	0.49 ± 0.06b	64.23 ± 0.03ef	22.36 ± 0.35cd	41.87 ± 0.13ef	0.53 ± 0.02e	7.44 ± 0.12d
T4	0.56 ± 0.17a	62.38 ± 0.36f	21.84 ± 0.34cd	40.54 ± 0.07f	0.54 ± 0.06c	7.50 ± 0.08c
T5	0.16 ± 0.01hi	77.46 ± 0.16bc	25.87 ± 0.18bc	51.60 ± 0.02ab	0.5 ± 0.26bc	6.05 ± 0.08ij
T6	0.15 ± 0.03hij	81.81 ± 0.15a	32.68 ± 0.21a	49.12 ± 0.59bc	0.67 ± 0.32a	6.08 ± 0.06i
T7	0.17 ± 0.42h	74.83 ± 0.28bc	22.44 ± 0.12cd	52.38 ± 0.94ab	0.43 ± 0.01c	6.02 ± 0.08j
T8	0.13 ± 0.03j	78.88 ± 0.13ab	27.76 ± 0.16b	51.13 ± 0.29ab	0.54 ± 0.02b	5.98 ± 0.60k
T9	0.24 ± 0.04g	73.91 ± 0.13c	22.43 ± 0.24cd	51.48 ± 0.16ab	0.44 ± 0.04c	7.28 ± 0.08e
T10	0.34 ± 0.10e	67.74 ± 0.15de	22.44 ± 0.49cd	45.30 ± 0.01cde	0.49 ± 0.07c	7.64 ± 0.38b
T11	0.41 ± 0.43c	67.95 ± 0.12de	23.78 ± 0.13bcd	44.16 ± 0.03def	0.54 ± 0.02bc	7.94 ± 0.17a
CK	0.14 ± 0.05ij	75.05 ± 0.35bc	21.36 ± 0.12d	53.69 ± 0.15a	0.39 ± 0.01c	6.26 ± 0.28h

注：同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著 (P<0.05)。下同。

复配基质化学性质: 由表 5 可知, 椰糠组和 CK 的有机质含量相近, 且显著高于蚯蚓粪组和蚯蚓粪 + 椰糠组。椰糠组的全氮、全磷、有效磷、碱解氮含量均与 CK 接近, 且显著低于蚯蚓粪组和蚯蚓粪 + 椰糠组。与各试验组之间比较, 全钾含量无

明显规律, 单在椰糠组和蚯蚓粪 + 椰糠组内比较, 全钾含量随椰糠添加比例增加而增加。在椰糠组和蚯蚓粪 + 椰糠组内, 速效钾含量随椰糠添加比例增加而增加, 且所有处理组的速效钾含量均显著高于 CK。

表 5 不同复配基质的化学性质

处理	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	全磷 (g/kg)	全钾 (g/kg)	有效磷 (mg/kg)	碱解氮 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
T1	187.81 ± 0.63f	3.54 ± 0.030f	1.47 ± 0.081g	17.28 ± 0.020j	334.73 ± 1.29e	135.91 ± 0.69c	913.00 ± 1.15k
T2	142.37 ± 0.27h	4.20 ± 0.015c	2.03 ± 0.010e	21.23 ± 0.040c	526.40 ± 2.05b	121.54 ± 0.43d	1331.33 ± 2.02i
T3	104.88 ± 0.20j	4.55 ± 0.017a	2.43 ± 0.014b	20.53 ± 0.032d	504.87 ± 2.08c	115.29 ± 0.56e	1484.70 ± 3.75g
T4	81.43 ± 0.45k	4.13 ± 0.018d	2.25 ± 0.015c	18.84 ± 0.037g	542.13 ± 0.53a	89.38 ± 0.50f	1471.00 ± 1.73h
T5	313.08 ± 0.83a	2.03 ± 0.012j	0.35 ± 0.008j	17.36 ± 0.049j	49.50 ± 0.51h	78.28 ± 0.62g	1308.33 ± 1.76j
T6	287.38 ± 0.90c	2.27 ± 0.008i	0.38 ± 0.050i	19.07 ± 0.026f	46.27 ± 0.29j	88.82 ± 0.22f	1780.00 ± 5.26f
T7	240.56 ± 0.29e	1.63 ± 0.016k	0.42 ± 0.015h	21.92 ± 0.037b	80.83 ± 0.31f	74.86 ± 0.54h	2663.33 ± 4.09b
T8	247.88 ± 0.54d	1.41 ± 0.053l	0.36 ± 0.053ij	23.83 ± 0.049a	42.52 ± 0.59j	64.24 ± 0.75i	2839.33 ± 4.09a
T9	160.48 ± 0.39g	3.26 ± 0.085g	1.56 ± 0.082f	20.45 ± 0.043d	364.80 ± 0.95d	116.12 ± 0.95e	19033.00 ± 5.36c
T10	113.49 ± 1.60i	3.63 ± 0.014e	2.07 ± 0.085d	19.57 ± 0.041e	505.37 ± 1.07c	148.12 ± 1.19a	1876.00 ± 3.78d
T11	104.78 ± 1.23j	4.46 ± 0.086b	2.61 ± 0.071a	18.65 ± 0.037h	541.87 ± 1.25a	143.62 ± 0.79b	1816.67 ± 4.40e
CK	304.38 ± 1.48b	2.43 ± 0.014h	0.38 ± 0.058i	17.64 ± 0.042i	58.33 ± 0.58g	88.48 ± 0.65f	421.00 ± 7.37l

2.2 不同复配基质对三七种苗生长的影响

2.2.1 不同复配基质对三七种苗叶面积、株高的影响

由表 6 可知, 6 月叶面积表现为 T1 最大, 其次为 T2、CK, 且 T1、T2、CK 显著高于其他处理。8 月叶面积表现为 CK 最大, 其次为 T2 和 T11。10 月叶面积依然表现为 CK 最大, T5、T6、T7 次之。12 月叶面积表现为 T5 最大, CK、T6、T7 次之, 且 T5 相对于 CK 提高了 5.34%。于整个生长期而言, 叶面积的最佳处理有所变动, 到生长后

期椰糠组中处理 T5、T6、T7 的叶面积逐渐显著高于其他处理, 最终 T5 显著高于 CK, 表现为最佳处理。

由表 7 可知, 6 月株高表现为 T7 最佳, T1、T2 次之, 且 T7 显著高于 CK; 8 月株高表现为 T6 最佳, T2、T5 次之; 10 月株高表现为 T5 最佳, T6、T7 次之, 且 T5 较 CK 显著提高了 13.04%; 12 月株高表现为 T5 最佳, 其次是 CK、T2、T3、T6, 且 T5 较 CK 显著提高了 8.48%。

表 6 不同复配基质对三七种苗叶面积的影响

(cm²)

处理	6 月	8 月	10 月	12 月
T1	1.31 ± 0.08a	5.20 ± 0.41bcd	5.63 ± 0.46bcd	5.44 ± 0.33cd
T2	1.22 ± 0.17abc	5.99 ± 0.36ab	5.78 ± 0.48abc	5.64 ± 0.49bcd
T3	0.79 ± 0.14d	5.04 ± 0.37bcd	5.25 ± 0.25bcd	4.79 ± 0.52cde
T4	0.47 ± 0.06d	4.33 ± 0.27cd	3.82 ± 0.31e	3.65 ± 0.36e
T5	0.84 ± 0.12cd	5.51 ± 0.34bc	6.40 ± 0.34ab	7.20 ± 0.45a
T6	0.88 ± 0.14bcd	5.58 ± 0.22bc	6.22 ± 0.28ab	6.15 ± 0.37abc
T7	0.69 ± 0.11d	5.05 ± 0.37bcd	6.09 ± 0.27abc	5.79 ± 0.45bcd
T8	0.89 ± 0.11bcd	4.95 ± 0.37bcd	4.56 ± 0.36de	4.58 ± 0.34de
T9	0.79 ± 0.15d	4.19 ± 0.47d	4.96 ± 0.25cd	4.92 ± 0.36cde
T10	0.67 ± 0.13d	4.51 ± 0.33cd	5.18 ± 0.54bcd	5.03 ± 0.47cd
T11	0.58 ± 0.13d	5.55 ± 0.44bc	5.84 ± 0.46abc	5.66 ± 0.44bcd
CK	1.28 ± 0.18ab	6.90 ± 0.45a	6.90 ± 0.42a	6.84 ± 0.58ab

表 7 不同复配基质对三七种苗株高的影响

(cm)

处理	6月	8月	10月	12月
T1	4.31 ± 0.07abc	5.92 ± 0.22de	7.18 ± 0.25c	7.79 ± 0.38c
T2	4.41 ± 0.24ab	7.61 ± 0.34a	8.78 ± 0.29ab	10.28 ± 0.48ab
T3	3.86 ± 0.16bcde	6.43 ± 0.30cde	8.67 ± 0.32ab	10.13 ± 0.36ab
T4	2.38 ± 0.17f	5.58 ± 0.18e	5.95 ± 0.18d	7.28 ± 0.20c
T5	3.95 ± 0.16bcd	7.34 ± 0.32ab	9.36 ± 0.33a	11.51 ± 0.49a
T6	3.80 ± 0.14cde	7.66 ± 0.23a	9.26 ± 0.26a	10.00 ± 0.48b
T7	4.77 ± 0.26a	6.23 ± 0.20cde	8.79 ± 0.43ab	9.86 ± 0.62b
T8	3.56 ± 0.16de	6.23 ± 0.15cde	7.18 ± 0.32c	9.21 ± 0.39b
T9	3.61 ± 0.10de	6.01 ± 0.25de	7.95 ± 0.10bc	9.44 ± 0.53b
T10	3.32 ± 0.25e	6.06 ± 0.28de	8.08 ± 0.30bc	9.49 ± 0.59b
T11	3.42 ± 0.21de	6.66 ± 0.32bcd	7.51 ± 0.62c	9.32 ± 0.31b
CK	3.79 ± 0.19cde	6.92 ± 0.35abc	8.28 ± 0.53abc	10.61 ± 0.56ab

2.2.2 不同复配基质对三七种苗主根粗、芽长、芽粗的影响

由表 8 可知，主根粗表现最佳的是 T6，其次为 T5，T6、T5 分别较 CK 提高了 9.96%、7.47%，蚯蚓粪组的主根粗随蚯蚓粪添加比例增加而逐渐降低，且未添加草炭的 T4 处理表现最低。芽长表现为 T5 最佳，其次为 CK、T2、T9，且 T5 较 CK 提高了 17.14%。芽粗表现为 T5 最佳，其次为 CK、T2、T6，T5 较 CK 提高了 8.97%。

表 8 不同复配基质对三七苗主根粗、芽长、芽粗的影响

处理	主根粗 (mm)	芽长 (cm)	芽粗 (mm)
T1	7.70 ± 0.47abc	0.94 ± 0.08bc	3.29 ± 0.09cde
T2	7.47 ± 0.32abc	1.28 ± 0.13abc	3.74 ± 0.27abc
T3	7.21 ± 0.37abc	0.93 ± 0.14bc	3.27 ± 0.20cde
T4	5.56 ± 0.22e	0.80 ± 0.10c	3.05 ± 0.15de
T5	8.20 ± 0.48ab	1.64 ± 0.14a	4.25 ± 0.19a
T6	8.39 ± 0.30a	1.06 ± 0.22bc	3.60 ± 0.23bcd
T7	7.02 ± 0.29bcd	1.20 ± 0.16abc	3.30 ± 0.16cde
T8	7.12 ± 0.33bc	1.04 ± 0.19bc	3.07 ± 0.17de
T9	5.96 ± 0.32de	1.26 ± 0.11abc	2.77 ± 0.04e
T10	6.50 ± 0.43cde	1.18 ± 0.08abc	3.13 ± 0.05de
T11	7.17 ± 0.59bc	1.19 ± 0.10abc	3.06 ± 0.17de
CK	7.63 ± 0.41abc	1.40 ± 0.17ab	3.90 ± 0.19ab

2.2.3 不同复配基质对三七种苗质量的影响

由表 9 可知，根鲜重表现为 T5 最佳，T6、

CK、T1 次之，T5 与 T6 无显著差异，T5 较 CK 显著提高了 34.84%，T6 较 CK 提高了 7.5%。地上部鲜重表现为 T5 最佳，CK、T6 次之，T5 较 CK 提高了 12.50%。根冠比表现为 T5 最佳，T6、T1、T8、CK 次之，T5 与 T6、T1 无显著差异，且 T5、T6、T1 较 CK 分别提高了 14.58%、13.89%、12.50%。壮苗指数表现为 T5 最佳，T6、T7、T8 次之，椰糠组 4 个处理均显著高于其他两个处理组和 CK，且较 CK 分别依次显著高出 84.05%、71.01%、11.59%、7.24%。G 值表现为 T5 最佳，T6、T7、CK 次之，T5 较 CK 显著高出 37.5%。综合各个种苗质量指标，表现最佳的均为 T5，且均高于 CK。

2.2.4 不同复配基质对三七种苗存苗率、病株率的影响

由表 10 可知，9 月的存苗率表现为 T2 最佳 (99.5%)、T4、T5、CK 次之，T2 与 T4 无显著差异，且 T2、T4 较 CK 分别显著提高了 6.04%、5.36%。9 月的病株率表现为 T5 最低 (6.59%)，T6 最高 (17.13%)，T5 的病株率较 CK 显著降低了 53.46%。12 月的存苗率表现为 T4 最佳 (85.19%)，T5、T10、T7 次之，T4、T5、T10、T7 较 CK 分别显著提高了 90.54%、82.76%、69.51%、67.55%，12 月存苗率最低的是 T1，仅为 25.48%，其次是 CK (44.71%)。12 月的病株率表现为 T5 最低 (8%)，CK 最高 (53.44%)。整体可见，T4、T5 的存苗率相对较高，T5 病株率显著低于其他处理，CK 在生长后期三七种苗发生病株的现象较为严重。

表 9 不同基质配比对三七种苗质量的影响

处理	根鲜重 (g)	地上部鲜重 (g)	根冠比	壮苗指数	G 值
T1	0.59 ± 0.05bc	0.37 ± 0.03bcdef	1.62 ± 0.16a	0.68 ± 0.02d	0.0013cde
T2	0.52 ± 0.05bcd	0.43 ± 0.02abcd	1.21 ± 0.10bc	0.48 ± 0.01e	0.0014e
T3	0.49 ± 0.04bcde	0.37 ± 0.02bcdef	1.31 ± 0.09abc	0.61 ± 0.01e	0.0013cde
T4	0.32 ± 0.06de	0.27 ± 0.03f	1.17 ± 0.07bc	0.43 ± 0.04g	0.0009de
T5	0.89 ± 0.15a	0.54 ± 0.05a	1.65 ± 0.14a	1.27 ± 0.02a	0.0022a
T6	0.71 ± 0.06ab	0.46 ± 0.04abc	1.64 ± 0.20a	1.18 ± 0.02b	0.0019ab
T7	0.49 ± 0.04bcde	0.39 ± 0.03bcde	1.28 ± 0.07abc	0.77 ± 0.01c	0.0015bc
T8	0.49 ± 0.06bcde	0.34 ± 0.04def	1.45 ± 0.08ab	0.74 ± 0.01c	0.0014cd
T9	0.29 ± 0.02e	0.28 ± 0.03ef	1.09 ± 0.08bc	0.32 ± 0.01h	0.0008e
T10	0.35 ± 0.05de	0.36 ± 0.03cdef	0.97 ± 0.10c	0.39 ± 0.01g	0.0011cde
T11	0.48 ± 0.06cde	0.41 ± 0.03bcd	1.16 ± 0.08bc	0.53 ± 0.02f	0.0013cde
CK	0.66 ± 0.07bc	0.48 ± 0.05ab	1.44 ± 0.18ab	0.69 ± 0.02d	0.0016bc

表 10 不同基质配比对三七种苗存苗率、病株率的影响

(%)

处理	9 月		12 月	
	存苗率	病株率	存苗率	病株率
T1	87.04 ± 0.71d	14.89 ± 1.29b	25.48 ± 0.39h	43.91 ± 0.70b
T2	99.50 ± 0.50a	11.34 ± 0.74d	53.66 ± 0.66f	18.65 ± 0.88e
T3	92.15 ± 0.90c	10.68 ± 0.95d	71.16 ± 0.34d	12.60 ± 1.03f
T4	98.86 ± 0.78a	10.35 ± 0.76de	85.19 ± 0.80a	16.55 ± 0.42e
T5	94.04 ± 0.77b	6.59 ± 0.84e	81.71 ± 0.79b	8.00 ± 0.58g
T6	88.19 ± 0.39d	17.13 ± 0.67a	73.54 ± 0.78cd	26.83 ± 0.76d
T7	86.57 ± 0.64d	8.27 ± 0.65e	74.91 ± 0.79c	12.66 ± 0.58f
T8	83.64 ± 0.37e	6.62 ± 0.47e	57.00 ± 0.94e	25.49 ± 0.57d
T9	87.77 ± 0.75d	14.11 ± 0.13c	74.30 ± 0.70c	32.05 ± 0.84c
T10	83.02 ± 0.38e	14.90 ± 0.69b	75.79 ± 1.42c	26.24 ± 0.67d
T11	91.54 ± 0.48c	10.63 ± 0.97de	73.64 ± 1.70cd	12.28 ± 1.24f
CK	93.83 ± 0.92b	14.16 ± 0.72c	44.71 ± 0.98g	53.44 ± 1.45a

2.2.5 不同基质配比对三七种苗 SPAD 值的影响

由表 11 可知, 6 月的 SPAD 值表现为 T1 最佳, T2、T6、T7 次之, 且 T1、T2、T6 显著高于 CK。8 月的 SPAD 值表现为 CK 最佳, T2、T3、T4 次之, 10 月的 SPAD 值表现为 T11 最佳, T9、T10、CK 次之, 12 月的 SPAD 值表现为 CK 最佳, T3、T7、T9 次之。整体可见, CK 的 SPAD 值相对较高, 且各处理间无明显变化规律。

2.3 相关性分析

为探究三七种苗生长与复配基质理化性质的相关性, 进行相关性分析, 结果如表 12 所示。芽粗与通气孔隙度、大小孔隙比呈显著正相关。壮苗

指数与容重、pH 值呈极显著负相关, 与总孔隙度、通气孔隙度、大小孔隙比呈极显著正相关。病株率与持水孔隙度呈显著正相关。

2.4 综合评价

利用隶属函数法, 对三七种苗生长情况进行综合评价, 将各指标的隶属函数值累加, 求取平均值, 值越大, 则该复配基质处理下的三七种苗生长越好。由表 13 可知, 隶属函数平均值排名情况为 T5>T6>T8>T7>CK>T1>T9>T2>T11>T3>T10>T4, 表明椰糠组 4 个处理的三七种苗生长情况都优于 CK, 且 T5 为可以替代草炭及适合三七种苗生长的最佳基质配方。

表 11 不同基质对比对三七种苗 SPAD 值的影响

处理	6 月	8 月	10 月	12 月
T1	26.79 ± 1.10a	31.56 ± 1.78bcd	38.87 ± 0.94d	29.03 ± 1.45d
T2	24.11 ± 0.94ab	35.50 ± 0.91ab	43.46 ± 1.58bc	40.26 ± 2.36abc
T3	22.73 ± 1.55bc	34.65 ± 1.08abc	44.30 ± 0.82abc	42.17 ± 2.54ab
T4	19.03 ± 0.99d	34.95 ± 0.66abc	44.08 ± 0.86abc	35.29 ± 1.61bcd
T5	22.48 ± 1.45bcd	32.15 ± 1.65abc	41.68 ± 0.78cd	41.00 ± 1.93ab
T6	23.94 ± 1.27ab	33.76 ± 1.05abcd	41.12 ± 1.71cd	35.69 ± 2.74bc
T7	23.33 ± 0.89abc	31.45 ± 1.25abc	41.80 ± 1.60cd	42.13 ± 1.19ab
T8	21.67 ± 1.33bcd	28.88 ± 1.28cd	34.76 ± 2.72e	33.81 ± 2.88cd
T9	23.84 ± 0.92ab	32.89 ± 0.69d	47.77 ± 1.04ab	41.66 ± 1.28ab
T10	10.07 ± 0.73cd	33.24 ± 1.04abc	46.78 ± 0.79ab	40.63 ± 1.21ab
T11	19.79 ± 0.87cd	33.36 ± 1.33abc	48.27 ± 1.51a	35.72 ± 2.37bc
CK	20.06 ± 0.72cd	36.06 ± 0.86a	46.41 ± 0.77ab	46.67 ± 2.30a

表 12 各指标的相关性分析

指标	容重	总孔隙度	通气孔隙度	持水孔隙度	大小孔隙比	pH
芽粗	-0.115	0.248	0.431*	0.004	0.426*	-0.311
根鲜重	-0.026	0.154	0.176	0.071	0.170	-0.246
壮苗指数	-0.554**	0.653**	0.653**	0.380	0.634**	-0.715**
生病率	-0.379	0.306	-0.054	0.453*	-0.070	-0.187

注: ** 和 * 分别表示相关性在 0.01 和 0.05 水平上显著。

表 13 隶属函数值及综合排名

处理	根冠比	根鲜重	壮苗指数	总孔隙度	通气孔隙度	大小孔隙比	pH 值	容重	均值	排序
T5	0.432	0.375	0.901	0.926	0.852	0.846	0.960	0.957	0.781	1
T6	0.430	0.282	0.815	0.723	0.387	0.370	0.947	0.933	0.612	2
T8	0.362	0.173	0.409	0.789	0.516	0.503	0.995	0.991	0.592	3
T7	0.298	0.176	0.441	0.599	0.154	0.147	0.973	0.908	0.462	4
CK	0.356	0.259	0.359	0.609	0.079	0.076	0.855	0.962	0.445	5
T1	0.427	0.221	0.353	0.551	0.286	0.284	0.550	0.677	0.419	6
T9	0.229	0.070	0.024	0.557	0.153	0.147	0.347	0.755	0.285	7
T2	0.269	0.186	0.258	0.333	0.182	0.188	0.385	0.434	0.279	8
T11	0.253	0.167	0.219	0.277	0.245	0.264	0.015	0.367	0.226	9
T3	0.307	0.174	0.288	0.103	0.148	0.165	0.265	0.192	0.205	10
T10	0.183	0.099	0.088	0.268	0.153	0.162	0.163	0.515	0.204	11
T4	0.256	0.088	0.121	0.017	0.113	0.130	0.233	0.038	0.125	12

3 讨论

3.1 不同复配基质的理化性质

蚯蚓粪和椰糠均为可再生的绿色环保基质, 生产加工技术已非常成熟, 目前, 市场应用较为广泛, 可用于替代不可再生基质草炭^[26-27]。本试验

用于三七育苗研究发现, 由蚯蚓粪、椰糠与草炭、蛭石组成的复配基质, 其容重、通气孔隙度、持水孔隙度、大小孔隙比均在理想范围内, 容重随蚯蚓粪添加比例增大而增大, 而容重较大, 孔隙度小的基质环境不利于植物根系发育。添加蚯蚓粪的处理组 pH 都高于植物生长正常范围, 而椰糠组的 pH

与CK接近,处于适合三七生长的正常pH范围内。椰糠组的有机质含量较高,与CK接近,且显著高于蚯蚓粪组和蚯蚓粪+椰糠组。蚯蚓粪组和蚯蚓粪+椰糠组的全氮、全磷、有效磷、碱解氮含量均显著高于草炭,而椰糠组与CK接近。

3.2 不同复配基质对三七种苗生长的影响

对三七种苗进行动态取样可知,T5的叶面积在生长后期逐渐超过CK,株高也在12月显著高于其他处理。SPAD值随三七种苗生长逐渐增大,CK整体表现较好,处理间无明显变化规律。9、12月存苗率最高的处理分别为T2(99.5%)、T4(85.19%),T5的病株率显著低于其他处理,CK的病株率在12月时显著高于其他处理(53.44%),可能与CK的大小孔隙比较低、持水性好、透气性差导致基质长期积水有关。因此,椰糠和蚯蚓粪的添加可显著增加三七种苗的存苗率,降低病株率。三七种苗质量与地下部生长状况密切相关,种芽质量是评价种苗质量的一个重要指标,T6、T5的主根粗分别较CK提高了9.96%、7.47%,T5的芽长、芽粗都优于其他处理,芽长高出CK 17.14%,芽粗高出CK 8.97%。T4的主根粗、芽长、芽粗均表现为最差,可能与T4复配基质容重较大,孔隙度较小,不利于三七种苗根系生长有关。T5、T6、T7、T8的隶属函数值综合排名均高于CK,其中T5排名最高,其根鲜重、地上部鲜重、根冠比、壮苗指数、G值均优于其他处理,分别较CK提高了34.84%、12.50%、14.58%、84.05%、37.50%。相关性分析表明,三七种苗的生长与复配基质理化性质存在密切联系,且基质的各理化指标对种苗的壮苗指数影响较大。

4 结论

基质的理化指标对三七种苗生长存在一定的影响,且添加椰糠的复配基质其容重较小、孔隙度较大、pH及营养物质接近CK,综合复配基质的理化指标和三七种苗生长状况,T5(椰糠:草炭:蛭石:生土=0.5:1.5:1:1)(体积比)的理化指标较适合三七种苗生长,三七种苗根鲜重、地上部鲜重、根冠比、壮苗指数、G值等生长指标均高于其他处理,可筛选为三七育苗的复配基质配方。

参考文献:

[1] 郑光植,杨崇仁.三七生物学及其应用[M].北京:科学

出版社,1994.1-4.

- [2] 范竹雯,杨建宇,李杨,等.道地药材三七的研究近况[J].光明中医,2019,34(24):3847-3849.
- [3] 杨武韬.三七化学成分分离及药理作用研究探讨[J].航空航天医学杂志,2019,30(5):586-587,592.
- [4] 陈杰,范双喜,戴丹丽,等.穴盘育苗营养基质物理性状研究进展[C]//中国园艺学会青年学术讨论会论文集,北京:中国园艺学会,2004.
- [5] 崔秀敏,王秀峰,魏珉.几种复合育苗基质特性及其在生菜上的育苗效果[J].中国蔬菜,2002(3):18-20.
- [6] 陈振德,何金明,黄俊杰,等.蔬菜穴盘育苗基质的选配及其理化特性研究[J].农业工程学报,1998(2):198-203.
- [7] 杨丰源,翟玉莹,张新宇,等.蚯蚓肥的特性及应用[J].上海蔬菜,2019(5):61-62.
- [8] Edwards C A, Burrows I. The potential of earthworm composts as plant growth media [M]//Edwards C A, Neuhauser E F. Earthworms in waste and environmental management. The Netherlands: SPB Academic Press, 1988. 21-32.
- [9] 顾卫华,范启松.蚯蚓肥在柑橘上应用的试验报告[J].南方农业,2015,9(6):52-53.
- [10] 丁仁明,胡忠磊,朱宏新,等.蚯蚓粪复配棉花育苗基质研究[J].现代农业科技,2020(24):4-5,8.
- [11] 黄健全,李博,郭艳芳.蚯蚓粪对紫甜葡萄扦插苗生长及根系的影响[J].中国农学通报,2020,36(27):61-65.
- [12] 祝宁,何秉青,李忠铭,等.日光温室樱桃番茄椰糠长季节栽培技术[J].蔬菜,2020(10):40-42.
- [13] 谢彦如,唐丹,张蒲,等.不同基质配比对辣椒穴盘苗生长的影响[J].北方园艺,2020(4):7-14.
- [14] 余蓉培,杨春梅,阮继伟,等.不同椰糠配比基质对盆袋鼠花生长的影响[J].热带农业科学,2020,40(2):15-20.
- [15] 张丽娟,曲继松,颜秀娟.栽培基质对盆栽观赏辣椒生长的影响[J].江苏农业科学,2015,43(11):213-216.
- [16] 任杰,崔世茂,刘杰才,等.不同基质配比对黄瓜穴盘育苗质量的影响[J].华北农学报,2013,28(2):128-132.
- [17] 鲍士旦.土壤农化分析(3版)[M].北京:中国农业出版社,2000.56-270.
- [18] 劳家桎.土壤农化分析手册[M].北京:农业出版社,1998.
- [19] 陈中坚,孙玉琴,王炳艳,等.三七叶面积的测定及其计算方法研究[J].现代中药研究与实践,2003(S1):64-29.
- [20] 金艳,王英哲,陈晶晶,等.14个紫花苜蓿杂交组合耐盐性比较[J].草业科学,2018,35(12):2931-2939.
- [21] 王军鹏.菇渣复合基质在蔬菜育苗和黄瓜栽培上的应用初步研究[D].武汉:华中农业大学,2007.
- [22] 李彩霞,林碧英,杨玉凯,等.椰糠、蚯蚓粪复合基质对茄幼苗生长的影响[J].江苏农业科学,2019,47(2):145-148.
- [23] 高丽红.无土栽培固体基质的种类与理化特性[J].农业工程技术(温室园艺),2004(2):28-30.
- [24] 郝帅.利用蚯蚓粪和菇渣开发蔬菜育苗基质的研究[D].北京:北京农学院,2019.

- [25] 崔秀明, 王朝梁, 陈中坚, 等. 三七大田栽培标准操作规程 (草案)[J]. 现代中药研究与实践, 2003 (S1): 42-44. [27] 秦霞, 周之路, 黄桂香, 等. 不同基质对密斯蒂蓝莓生长发育的影响[J]. 中国南方果树, 2017, 46 (1): 111-113, 1252-1258.
- [26] 王忠强, 张心昱, 孟宪民, 等. 泥炭形成过程对泥炭基质替代物研究的启示[J]. 自然资源学报, 2012, 27 (7): 117.

Effects of earthworm dung and coconut bran composite substrate on the growth of *Panax notoginseng* seedlings

WANG Jia-wei, WANG Hua-lei*, WANG Can-bin, LI Jin-ling, LUO Chun-li, LUO Fu-lai, LIN Jie, CHEN Song-shu, LI Dan-dan, ZHAO Zhi (College of Agriculture, Guizhou University, Guizhou Key Laboratory of Propagation and Cultivation on Medicinal Plants, Guiyang Guizhou 550025)

Abstract: In order to explore the effect of earthworm dung and coconut bran composite substrate on the growth of *Panax notoginseng* seedlings, a single factor randomized block design was adopted. There were 12 treatments, including earthworm dung group (T1 ~ T4), coconut bran group (T5 ~ T8), earthworm dung + coconut bran group (T9 ~ T11), and the traditional substrate Peat : vermiculite = 2 : 1 (V : V) was used as the control group (CK). Combined with the comprehensive evaluation of correlation and membership function method, the matrix formula suitable for the growth of *Panax notoginseng* seedlings was selected objectively and effectively. The results showed that the coconut bran group had smaller bulk density and larger porosity; the ratio of big pore size to small pore size was close to the optimal value of 0.5 (T5 equal to 0.5); the pH was within the suitable range for the growth of *Panax notoginseng* seedlings; the content of organic matter was high, and the total nitrogen, total phosphorus, available phosphorus and alkali hydrolyzable nitrogen were similar to those of CK. The comprehensive ranking of membership function values of T5, T6, T7 and T8 was higher than that of CK, and T5 ranked the highest. The root fresh weight, shoot fresh weight, ratio of root to shoot, seedling index and G value of T5 were better than those of other treatments, which increased by 34.84%, 12.50%, 14.58%, 84.05% and 37.50%, respectively. The results showed that T5 [coconut bran : peat : vermiculite : raw soil = 0.5 : 1.5 : 1 : 1 (V : V)] was more suitable for the growth of *Panax notoginseng*, and could be used as the compound matrix formula of *Panax notoginseng* seedling.

Key words: *Panax notoginseng* seedling; earthworm dung; coconut bran; membership function method