

# 椰糠复合基质对番茄穴盘幼苗生长效应的综合评价

张 婧, 吴 慧\*, 程云霞, 陈奕琳, 燕存尧, 贾 凯, 彭 宇  
(新疆农业大学林学与园艺学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

**摘 要:** 为缓解草炭基质的使用压力及椰子果实外壳被焚烧丢弃造成的资源浪费和环境污染等问题。本试验以毛粉‘812’为试验材料, 研究不同复合基质对番茄幼苗生长、叶片生理活性及光合特性的影响, 通过对不同复合基质育苗效果的综合评价筛选出最佳的复合基质配方。结果表明: T9 复合基质配方 [V(椰糠): V(蛭石): V(珍珠岩)=3: 2.5: 2.5] 的通气孔隙度、气水比、pH、叶绿素相对含量、可溶性糖含量、叶绿素总含量、气孔导度 ( $G_s$ )、蒸腾速率 ( $T_r$ )、根系活力、G 值及壮苗指数相对较高, 分别为 10.46%、0.19、7.59、46.59、0.154 mg g<sup>-1</sup>、1.356 mg g<sup>-1</sup>、0.18 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>、9.59 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>、11.44 μg (g h)<sup>-1</sup>、18.67 mg d<sup>-1</sup>、0.37。利用主成分分析将番茄幼苗的各项指标进行综合评价, 结果显示: 不同复合基质配方的综合排名由高到低为 T9 [V(椰糠): V(蛭石): V(珍珠岩)=3: 2.5: 2.5] > T8 [V(椰糠): V(蛭石): V(珍珠岩)=4: 3: 1] > T6 [V(椰糠): V(蛭石): V(珍珠岩)=5: 2: 1] > T5 [V(椰糠): V(蛭石): V(珍珠岩)=5: 1: 2] > T7 [V(椰糠): V(蛭石): V(珍珠岩)=4: 1: 3] > T1 [V(草炭): V(椰糠): V(蛭石): V(珍珠岩)=3: 1: 2: 2] > T4 [V(椰糠): V(蛭石): V(珍珠岩)=4: 2: 2] > T2 [V(草炭): V(椰糠): V(蛭石): V(珍珠岩)=2: 2: 2: 2] > T3 [V(草炭): V(椰糠): V(蛭石): V(珍珠岩)=1: 3: 2: 2] > CK [V(草炭): V(蛭石): V(珍珠岩)=4: 2: 2]。由此可见, T9 复合基质配方 [V(椰糠): V(蛭石): V(珍珠岩)=3: 2.5: 2.5] 可作为番茄适宜的穴盘育苗基质配方。

**关 键 词:** 草炭; 椰糠; 番茄; 光合特性; 综合评价

**中图分类号:** S641.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 0564-3945(2021)05-1156-09

DOI: 10.19336/j.cnki.trtb.2021020803

张 婧, 吴 慧, 程云霞, 陈奕琳, 燕存尧, 贾 凯, 彭 宇. 椰糠复合基质对番茄穴盘幼苗生长效应的综合评价 [J]. 土壤通报, 2021, 52(5): 1156 - 1164

ZHANG Jing, WU Hui, CHENG Yun-xia, CHEN Yi-lin, YAN Cun-yao, JIA Kai, PENG Yu. Comprehensive Evaluation of the Growth Effect of Coconut-Bran Compound Substrate on Tomato Plug Seedling [J]. Chinese Journal of Soil Science, 2021, 52(5): 1156 - 1164

近年来绝大多数地区农业生产均选用直接定植幼苗的方式进行生产, 因此培育无病虫害且健壮的幼苗成为农业发展中的一项重要内容<sup>[1]</sup>。育苗基质是能否培育优质壮苗的关键因素之一, 而育苗基质不仅能为幼苗根系提供水、气、肥等根际环境, 还能提高幼苗素质, 进而促进植株综合生产能力<sup>[2]</sup>。目前, 育苗基质的材料主要有椰糠、草炭、蛭石、珍珠岩等, 其中草炭育苗效果较好<sup>[3]</sup>。但草炭是不可再生资源, 世界储量有限, 大量开采会破坏生态环境<sup>[4]</sup>。我国是椰子产业大国, 但椰子果实外壳既不能食用也不能作为动物饲料而被随意丢弃或集中焚烧。这不仅造成资源的大量浪费, 同时也严重污染了环

境<sup>[5-6]</sup>。椰糠是椰子果实外壳经过加工、降解、腐熟等技术得到的产物, 是一种可再生资源, 具有成本低、可重复利用、化学性质稳定、可降解、排水性和保水性能较好且便于压缩运输等优点<sup>[7-8]</sup>。因此用椰糠替代草炭作为育苗基质, 筛选出性质稳定、价格低廉且能培育优质秧苗的基质, 既能缓解草炭基质的使用压力又能解决椰子果实外壳资源浪费、环境污染等问题<sup>[9-10]</sup>。因而前人在椰糠代替草炭的育苗配方方面做了大量研究。Handreck 和 Neerow 的研究表明, 椰糠代替泥炭可以培育蔬菜和观赏植物<sup>[11-12]</sup>; 代惠洁<sup>[13]</sup> 等人研究表明, 椰糠完全代替草炭易使幼苗缺水受阻, 因此只能代替部分草炭; 汤柔颖<sup>[14]</sup> 等

**收稿日期:** 2021-02-08; **修订日期:** 2021-07-21

**基金项目:** 新疆维吾尔自治区区域协同创新专项 (科技援疆计划) (2017E0231) 和新疆维吾尔自治区园艺学重点学科项目 (2016107583) 资助

**作者简介:** 张 婧 (1996-), 女 (汉族), 硕士研究生, 主要从事蔬菜栽培与生理的研究, E-mail: zhangjing2020xnd@163.com

\***通讯作者:** E-mail: huiwu1103@126.com

人研究发现, 椰糠代替 33.33% 草炭时, 叶用莨苳的钾含量、地上部、全株干鲜重、发芽指数及叶绿素含量等显著被提高。目前, 关于椰糠复合基质培育穴盘幼苗的研究较少, 在不使用草炭的条件下椰糠复合基质育苗与草炭育苗效果的比较鲜见报道。鉴于此, 本研究以番茄‘毛粉 812’为试验材料, 椰糠、草炭、蛭石、珍珠岩为番茄幼苗育苗基质, 研究椰糠复合基质的理化性质及其对番茄穴盘幼苗生长、生理活性、生物量及光合特性的影响, 通过对椰糠复合基质育苗效果的综合评价筛选出育苗效果较好的椰糠复合基质配方, 从而为椰糠复合基质培育番茄穴盘壮苗提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

试验于 2020 年 7—8 月在新疆农业大学林学与园艺学院实验基地 (N 43°81', E 87°56') 进行; 供试番茄品种: 毛粉 812 (生长势、座果能力强、丰产潜力大、高抗烟草花叶病毒; 由西安常丰园种业有限公司提供); 供试基质: 草炭、椰糠、蛭石、珍珠岩; 供试营养液: 1/2 个浓度单位的日本园试通用营养液配方<sup>[15]</sup>。

### 1.2 试验设计

本试验采用单因素随机区组设计, 共设置 9 个处理和 1 个对照 (CK), 每个处理 3 次重复, 每个重复 2 盘 (表 1)。

表 1 不同基质配比 (体积比)  
Table 1 Different substrate ratios (volume ratio)

处理 Treatment	草炭 Peat	椰糠 Coconut bran	蛭石 Vermiculite	珍珠岩 Perlite
CK	4	0	2	2
T1	3	1	2	2
T2	2	2	2	2
T3	1	3	2	2
T4	0	4	2	2
T5	0	5	1	2
T6	0	5	2	1
T7	0	4	1	3
T8	0	4	3	1
T9	0	3	2.5	2.5

将草炭、椰糠、蛭石、珍珠岩按照表 1 的配比进行配制, 在配制过程中均匀喷洒 1000 倍噁霉灵溶液, 再将配制好的育苗基质用塑料薄膜盖住, 堆闷 5 d 后, 揭去塑料薄膜待药气散尽, 装入提前用 1000 倍高锰酸钾溶液消过毒的 72 孔穴盘中; 精选大粒饱

满种子浸种催芽后, 80% 种子“露白”时, 按“1 穴 2 粒”形式将种子播种在浇透底水的穴盘中, 覆盖基质再浇 1 次水<sup>[16]</sup>; 待幼苗大量出土后, 及时揭去塑料薄膜; 当番茄幼苗子叶完全展开时, 每天清晨采用“一浊一清”的形式喷洒 1/2 个浓度单位的日本园试通用营养液和清水; 当幼苗长至 1 片真叶时, 间苗, 每穴保留 1 株幼苗。

### 1.3 项目指标测定

**1.3.1 基质理化性质测定** 取一定体积 (V) 的烧杯, 称其重量记为 W1, 在此烧杯中加满待测的风干基质, 再称其重量记为 W2, 然后将装有基质的烧杯, 用纱布封口, 再用皮筋扎紧, 最后放入清水中浸泡一昼夜后去掉纱布称重记为 W3, 继续用湿纱布将烧杯封口后倒置 8 h, 直至其中没有水分渗出为止, 称其重量记为 W4 (无纱布)<sup>[15]</sup>, 计算公式如下:

$$\text{容重}(\text{g cm}^{-3}) = (W2 - W1) / V \quad (1)$$

$$\text{总孔隙度}(\%) = (W3 - W2) / V \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{通气孔隙度}(\%) = (W3 - W4) / V \times 100\% \quad (3)$$

$$\text{持水孔隙度}(\%) = \text{总孔隙度} - \text{通气孔隙度} \quad (4)$$

$$\text{气水比} = \text{通气孔隙度} / \text{持水孔隙度} \quad (5)$$

将待测基质风干后与蒸馏水按 1 : 5 比例混合, 用玻璃棒快速搅拌 3 min, 静置 30 min 后用定性滤纸过滤, 再用 pH 计 (北京美华仪科技有限公司) 测滤液 pH, 电导仪 (东莞市广美仪器设备制造厂) 测滤液 EC ( $\text{mS cm}^{-1}$ )<sup>[15]</sup>。

**1.3.2 生长指标** 当幼苗具有 6 片~7 片真叶时, 每个重复随机选取 10 株, 分别用直尺和广陆电子游标卡尺 (临沂市兰山区江沂五金工具厂) 测量株高 (基质表层距植株自然生长高度, 单位: cm) 和茎粗 (子叶节以下 1 cm 处, 单位: mm), 每株取上中下 3 片叶用 SPAD 502 叶绿素测定仪 (北京新宇胜利仪器有限责任公司) 测定叶绿素相对含量 (SPAD 值, 取平均值), 并测定最大叶长、最大叶宽, 最后运用以下公式计算叶面积<sup>[17]</sup>。

$$\text{叶面积} = \text{最大叶长} \times \text{最大叶宽} \times 0.3184 (\text{矫正系数}) \quad (6)$$

**1.3.3 生理指标** 当幼苗具有 6 片~7 片真叶时, 每个重复随机选取 5 株。采用蒽酮比色法测定可溶性糖含量<sup>[18]</sup>; 95% 乙醇浸泡法测定叶绿素 a、叶绿素 b 和叶绿素总含量<sup>[18]</sup>; G-250 考马斯亮蓝比色法测定可

溶性蛋白含量<sup>[18]</sup>。

**1.3.4 光合特性** 当幼苗具有 6 片~7 片真叶时, 每个重复随机选取 5 株, 每株选择番茄幼苗上中下 3 片功能叶, 于早上 11:00 用 LI-6400 型便携式光合仪 (石家庄世亚科技有限公司) 测定净光合速率 ( $P_n$ )、气孔导度 ( $G_s$ )、蒸腾速率 ( $Tr$ )、胞间  $CO_2$  浓度 ( $C_i$ )。

**1.3.5 生物量** 当幼苗具有 6 片~7 片真叶时, 每个重复随机选择 5 株。将幼苗从基质中小心取出, 清水洗净幼苗根系上所带基质, 吸水纸吸去根系上所带水分, 称取地上部鲜重和地下部鲜重, 然后将幼苗地上部和地下部放入烘箱中, 105 °C 杀青, 80 °C 烘至恒重后称取地上部干重和地下部干重。另外, 每个重复随机选择 5 株, 采用 TTC 法测定根系活力<sup>[18]</sup>。并根据以上所测定指标计算出根冠比、壮苗指数和 G 值<sup>[13]</sup>。

$$\text{根冠比} = \text{地下部鲜重} / \text{地上部鲜重} \quad (7)$$

$$\text{壮苗指数} = (\text{茎粗} / \text{株高} + \text{地下部干重} / \text{地上部干重}) \times \text{全株干重} \quad (8)$$

$$G \text{ 值} = \text{植株干质量} / \text{日历苗龄} \quad (9)$$

**1.4 数据处理**

使用 Excel 2010 进行数据统计和处理, 采用 SPSS 19.0 统计分析软件进行方差分析、相关性分析以及主成分分析。同时利用主成分分析法对选取的标准化以后的各项指标进行降维处理<sup>[19]</sup>, 采用隶属函数数值法<sup>[20]</sup>对不同基质番茄幼苗的生长状况进行综合评价。综合指标的权重  $W_i$ 、隶属函数值  $[u(X_i)]$  及综合评价值 ( $D$ ) 的计算公式如下:

$$\text{正隶属函数} u(X_i) = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \quad (10)$$

$$\text{反隶属函数} u'(X_i) = 1 - (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \quad (11)$$

$$W_i = C_i / \sum_{i=1}^n |C_i| \quad (12)$$

$$D = \sum_{i=1}^n [u(X_i) \times W_i] \quad (13)$$

式中,  $n$  为指标数量,  $u(X_i)$  和  $W_i$  分别为第  $i$  个指标的隶属函数值和权重;  $C_i$  为各指标第  $i$  个综合指标的方差贡献率;  $X_i$  表示综合指标中第  $i$  个值,  $X_{\min}$  表示每个主成分中综合指标的最小值,  $X_{\max}$  表示每个主成分中综合指标的最大值。

**2 结果与分析**

**2.1 不同复合基质理化性质分析**

由表 2 可知, 在草炭复合基质中加入椰糠后, 复合基质的容重、总孔隙度、持水孔隙度、气水比及 EC 值均有所减小, 而 pH 值随椰糠比例的增加呈现上升的趋势。在不含草炭且蛭石比例相同的复合基质中, 当椰糠比例的减少时, 通气孔隙度、气水比、pH 及 EC 值有所增大, 而总孔隙度、持水孔隙度有所减小; 当珍珠岩比例相同且椰糠比例减少时, 容重、pH 及 EC 值增大, 而总孔隙度、通气孔隙度、持水孔隙度及气水比减小。其中, T8 处理的容重较高且显著高于对照, 为  $0.27 \text{ g cm}^{-3}$ , 相较对照增加了 12.77%; T6 处理的总孔隙度和持水孔隙度较高, 较对照显著增加了 5.16% 和 7.90%; T9 处理的通气孔隙度、气水比及 pH 值较高, 相较对照分别提高了 65.24%、85.15% 和 6.63%; T6 处理的 pH 值显著高于对照, 为 7.31, 相较对照提高了 2.67%; CK 的

表 2 不同配比基质的理化性状  
Table 2 Physical and chemical properties of substrates with different proportions

处理 Treatment	容重 Bulk density ( $\text{g cm}^{-3}$ )	总孔隙度 Total porosity (%)	通气孔隙度 Aeration porosity (%)	持水孔隙度 Water holding porosity (%)	气水比 Air-water ratio	pH	EC ( $\text{ms cm}^{-1}$ )
CK	0.24 ± 0.00 b	70.40 ± 0.01 bc	6.33 ± 0.35 bc	64.07 ± 0.81 abc	0.10 ± 0.00 e	7.12 ± 0.04 f	0.75 ± 0.05 a
T1	0.23 ± 0.00 bc	64.23 ± 0.00 e	6.40 ± 0.53 bc	57.84 ± 0.88 de	0.11 ± 0.01 d	7.22 ± 0.05 e	0.60 ± 0.03 b
T2	0.23 ± 0.00 bc	67.10 ± 0.01 cde	4.40 ± 0.30 bc	62.77 ± 0.40 cd	0.07 ± 0.01 f	7.32 ± 0.02 cd	0.44 ± 0.01 f
T3	0.23 ± 0.01 bc	67.73 ± 0.01 cde	5.76 ± 0.44 bc	61.89 ± 1.66 cd	0.09 ± 0.00 e	7.39 ± 0.03 bc	0.49 ± 0.01 de
T4	0.21 ± 0.01 c	70.37 ± 0.02 bc	8.73 ± 3.69 b	61.63 ± 2.13 bc	0.14 ± 0.00 c	7.41 ± 0.03 b	0.41 ± 0.01 f
T5	0.16 ± 0.01 d	67.87 ± 0.03 cd	7.81 ± 2.99 bc	60.03 ± 3.35 cd	0.13 ± 0.01 c	7.11 ± 0.06 f	0.44 ± 0.02 ef
T6	0.22 ± 0.02 bc	74.03 ± 0.01 a	4.91 ± 1.28 bc	69.13 ± 1.24 a	0.07 ± 0.02 f	7.31 ± 0.01 d	0.54 ± 0.03 bcd
T7	0.16 ± 0.01 d	66.40 ± 0.04 de	9.75 ± 2.76 a	56.67 ± 5.03 e	0.17 ± 0.00 b	7.43 ± 0.06 b	0.52 ± 0.06 cd
T8	0.27 ± 0.02 a	71.67 ± 0.02 ab	3.61 ± 1.29 c	68.06 ± 2.71 ab	0.05 ± 0.01 g	7.45 ± 0.09 b	0.57 ± 0.01 bc
T9	0.22 ± 0.01 bc	66.90 ± 0.02 cde	10.46 ± 4.64 a	56.43 ± 5.12 cde	0.19 ± 0.00 a	7.59 ± 0.04 a	0.55 ± 0.04 bcd

注: 同列不同小写字母表示不同处理间差异在  $P < 0.05$  水平具有统计学意义。

EC 值较高且显著高于其他处理。

## 2.2 在不同复合基质条件下对番茄幼苗生长及生理指标的比较

### 2.2.1 对番茄幼苗生长指标的比较

不同复合基质配方番茄幼苗生长指标的测定结果见表 3。由表 3 可以看出: 在草炭复合基质中加入椰糠后, 番茄幼苗的株高、茎粗及叶面积均有所减小, 而叶绿素相对含量有所增大。在不含草炭且蛭石比例相同的复合基质中, 当椰糠比例的减少时, 番茄幼苗的茎粗有

所增大, 而株高、叶面积及叶绿素相对含量有所减小; 当珍珠岩比例相同且椰糠比例减少时, 番茄幼苗的株高、茎粗及叶面积有所增大, 而叶绿素相对含量有所减小。其中, CK 幼苗的株高和茎粗均高于处理组但与 T1 处理的株高、茎粗和 T2、T3 处理的茎粗无显著性差异; T4 处理的叶面积较高, 相较对照提高了 6.44%; T9 处理的叶绿素相对含量 (SPAD 值) 较高, T6 处理次之, 分别为 46.59 和 45.41, 相较对照显著提高了 18.13% 和 15.14%。

表 3 在不同复合基质条件下对番茄幼苗生长指标的比较  
Table 3 Comparison of the growth indices of tomato seedlings with different compound substrates

处理 Treatment	株高 (cm) Plant height	茎粗 (mm) Stem diameter	叶面积 (cm <sup>2</sup> ) Leaf area	SPAD 值 SPAD
CK	12.30 ± 0.11 a	3.67 ± 0.11 a	24.24 ± 0.43 bc	39.44 ± 0.67 g
T1	11.90 ± 0.36 ab	3.57 ± 0.13 ab	23.58 ± 0.54 cd	41.35 ± 0.37 f
T2	11.30 ± 0.22 c	3.66 ± 0.05 a	23.03 ± 0.18 de	41.56 ± 0.43 ef
T3	11.10 ± 0.79 c	3.54 ± 0.16 ab	22.99 ± 0.19 de	42.72 ± 0.26 d
T4	11.30 ± 0.02 c	3.50 ± 0.04 b	25.80 ± 0.22 a	42.27 ± 0.26 def
T5	11.10 ± 0.01 c	3.32 ± 0.01 d	22.51 ± 0.30 ef	43.70 ± 0.75 c
T6	10.30 ± 0.02 d	3.28 ± 0.02 d	20.88 ± 0.58 h	45.41 ± 0.70 b
T7	9.80 ± 0.04 e	3.47 ± 0.03 bc	21.68 ± 0.44 g	42.39 ± 0.65 de
T8	10.90 ± 0.01 c	3.34 ± 0.03 cd	24.77 ± 0.52 b	42.99 ± 0.06 cd
T9	11.40 ± 0.03 bc	3.48 ± 0.03 b	22.15 ± 0.38 fg	46.59 ± 0.62 a

注: 同列不同小写字母表示不同处理间差异在  $P < 0.05$  水平具有统计学意义。

### 2.2.2 对番茄幼苗叶片生理指标的比较

不同复合基质配方中番茄幼苗叶片生理指标的测定结果见表 4。由表 4 可以看出: 当育苗基质中含有草炭时, 除可溶性糖含量外, 其余指标随着椰糠比例的增加呈现增加的趋势。在不含草炭且蛭石比例相同的复合基质中, 当椰糠比例的减少时, 番茄幼苗叶片的可溶性糖含量、叶绿素 b 含量及叶绿素总含量有所增大, 而可溶性蛋白含量和叶绿素 a 含量有所减小; 当珍珠岩比例相同且椰糠比例减少时, 番茄幼苗叶片的可

溶性蛋白含量、可溶性糖含量及叶绿素 a 含量有所增大, 而叶绿素 b 含量有所减小。其中, T8 处理幼苗叶片的可溶性蛋白含量较高, 为  $6.68 \text{ mg g}^{-1}$ , 较对照显著提高了 51.13%, 但与 T5、T6、T7 无显著性差异; T9 处理的幼苗叶片可溶性糖含量较高, 为  $0.15 \text{ mg g}^{-1}$ , 较对照显著提高了 15.38%, 而与 T1、T7 和 T8 无显著性差异; T8 处理的幼苗叶片叶绿素 a 含量和 T6 处理的叶绿素 b 含量较高, 较对照显著提高了 9.67% 和 91.89%; T8 和 T6 处理的幼苗叶片叶

表 4 在不同复合基质条件下对番茄幼苗生理指标的比较  
Table 4 Comparison of physiological indices of tomato seedlings with different compound substrates

处理 Treatment	可溶性蛋白 Soluble protein content ( $\text{mg g}^{-1}$ )	可溶性糖 Soluble sugar content ( $\text{mg g}^{-1}$ )	叶绿素 a Chlorophyll a content ( $\text{mg g}^{-1}$ )	叶绿素 b Chlorophyll b content ( $\text{mg g}^{-1}$ )	叶绿素总量 Total chlorophyll content ( $\text{mg g}^{-1}$ )
CK	4.421 ± 0.11 f	0.129 ± 0.00 bcd	0.616 ± 0.00 f	0.366 ± 0.00 f	0.981 ± 0.00 g
T1	4.565 ± 0.23 ef	0.136 ± 0.00 abc	0.679 ± 0.00 ab	0.465 ± 0.03 e	1.145 ± 0.07 ef
T2	4.927 ± 0.33 de	0.122 ± 0.02 cde	0.676 ± 0.00 ab	0.515 ± 0.01 d	1.191 ± 0.01 de
T3	5.956 ± 0.51 c	0.113 ± 0.02 de	0.642 ± 0.00 e	0.451 ± 0.04 e	1.093 ± 0.04 f
T4	6.173 ± 0.11 bc	0.103 ± 0.02 e	0.662 ± 0.01 d	0.564 ± 0.01 cd	1.226 ± 0.01 cd
T5	6.617 ± 0.15 a	0.132 ± 0.01 bcd	0.680 ± 0.00 ab	0.556 ± 0.04 bc	1.236 ± 0.01 cd
T6	6.432 ± 0.07 ab	0.109 ± 0.01 e	0.668 ± 0.00 cd	0.709 ± 0.00 a	1.377 ± 0.01 a
T7	6.572 ± 0.11 ab	0.137 ± 0.00 abc	0.675 ± 0.00 bc	0.620 ± 0.04 b	1.295 ± 0.01 bc
T8	6.676 ± 0.10 a	0.147 ± 0.00 ab	0.683 ± 0.00 a	0.693 ± 0.05 b	1.375 ± 0.08 a
T9	5.016 ± 0.08 d	0.154 ± 0.01 a	0.672 ± 0.01 bc	0.684 ± 0.02 b	1.356 ± 0.04 ab

注: 同列不同小写字母表示不同处理间差异在  $P < 0.05$  水平具有统计学意义。

绿素总含量较高, 相较对照提高了 39.40% 和 39.60%。

### 2.3 在不同复合基质条件下对番茄幼苗光合特性的影响

从表 5 可以看出, 当育苗基质中含有草炭时, 随着椰糠比例的增加, 番茄幼苗叶片的  $G_s$  和  $Tr$  大致呈现增大的趋势, 而  $P_n$  呈现减小的趋势; 在不含草炭且蛭石比例相同的复合基质中, 当椰糠比例的减少时,  $P_n$  和  $G_s$  均有所增大而  $C_i$  和  $Tr$  有所减小;

当珍珠岩比例相同且椰糠减少时,  $P_n$  和  $Tr$  有所增大而  $G_s$  和  $C_i$  有所减小。其中, T8 处理的  $P_n$  较大, T6 和 T9 处理次之, 相较对照分别显著提高了 36.97%、36.38%、32.18%; T3 处理的  $G_s$  较大, 为  $0.21 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , 与对照相比提高了 133.33%; T2 处理的  $C_i$  值较大, 为  $228.50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , 较对照提高了 19.95%; T9 处理的  $Tr$  较大, 为  $9.59 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , 与对照相比提高了 77.26%;

表 5 在不同复合基质条件下对番茄叶片光合特性的比较

Table 5 Comparison of photosynthetic characteristics of tomato leaves with different compound substrates

处理 Treatment	净光合速率 $P_n$	气孔导度 $G_s$	胞间二氧化碳浓度 $C_i$	蒸腾速率 $Tr$
CK	$11.90 \pm 0.51 \text{ c}$	$0.09 \pm 0.01 \text{ e}$	$190.50 \pm 0.50 \text{ c}$	$5.41 \pm 0.02 \text{ h}$
T1	$13.83 \pm 1.65 \text{ b}$	$0.16 \pm 0.01 \text{ cd}$	$226.22 \pm 2.94 \text{ a}$	$7.31 \pm 0.19 \text{ de}$
T2	$11.27 \pm 1.20 \text{ c}$	$0.11 \pm 0.02 \text{ e}$	$228.50 \pm 2.50 \text{ a}$	$6.45 \pm 0.12 \text{ fg}$
T3	$9.11 \pm 0.79 \text{ d}$	$0.21 \pm 0.02 \text{ a}$	$186.00 \pm 5.00 \text{ c}$	$6.34 \pm 0.52 \text{ fg}$
T4	$11.80 \pm 0.89 \text{ c}$	$0.11 \pm 0.01 \text{ e}$	$163.67 \pm 2.31 \text{ e}$	$5.99 \pm 0.72 \text{ gh}$
T5	$12.18 \pm 0.45 \text{ c}$	$0.14 \pm 0.01 \text{ d}$	$204.13 \pm 2.54 \text{ b}$	$7.93 \pm 0.28 \text{ cd}$
T6	$16.23 \pm 0.98 \text{ a}$	$0.17 \pm 0.02 \text{ bc}$	$205.74 \pm 3.78 \text{ b}$	$8.59 \pm 0.32 \text{ bc}$
T7	$12.95 \pm 0.65 \text{ bc}$	$0.19 \pm 0.01 \text{ ab}$	$162.50 \pm 2.50 \text{ e}$	$6.77 \pm 0.55 \text{ ef}$
T8	$16.30 \pm 0.51 \text{ a}$	$0.16 \pm 0.02 \text{ bcd}$	$180.00 \pm 6.08 \text{ d}$	$9.09 \pm 0.53 \text{ ab}$
T9	$15.73 \pm 0.84 \text{ a}$	$0.18 \pm 0.02 \text{ bc}$	$176.35 \pm 3.53 \text{ d}$	$9.59 \pm 0.38 \text{ a}$

注: 同列不同小写字母表示不同处理间差异在  $P < 0.05$  水平具有统计学意义。

### 2.4 在不同复合基质条件下对番茄幼苗根系活力及同化物积累的比较

不同复合基质配方中番茄幼苗根系活力及同化物积累的测定结果见表 6。由表 6 可以看出, 当育苗基质中含有草炭时, 随着椰糠比例的增加, 除番茄幼苗的地上部鲜重和全株鲜重大致呈现减小的趋势外, 其余指标均呈现上升的趋势; 在不含草炭且蛭石比例相同的复合基质中, 当椰糠比例的减少时, 除地下部干重、全株干重及 G 值外其余指标均有所增大; 当珍珠岩比例相同且椰糠比减少时, 番茄幼

苗地上部鲜重、地上部干重及全株鲜重有所增大。其中, CK 番茄幼苗的地上部鲜重和全株鲜重较高, 但与 T2 处理无显著性差异; T6 处理的地下部鲜重、全株干重、根冠比、G 值和壮苗指数较高, 较对照显著提高了 40.96%、29.31%、73.33%、30.67% 和 42.31%; T9 处理的幼苗根系活力较高且显著高于对照, 为  $11.44 \mu\text{g (g h)}^{-1}$ , 较对照提高了 80.44%。

### 2.5 不同基质配比中番茄幼苗素质的综合评价

#### 2.5.1 不同性状的主成分分析

对番茄幼苗的可溶性蛋白含量、可溶性糖含量、根系活力、叶绿素总

表 6 在不同复合基质条件下番茄幼苗根系活力及同化物积累的比较

Table 6 Comparison of root vigor and assimilate accumulation of tomato seedlings with different compound substrates

处理 Treatment	地上部鲜重 Shoot fresh weight (g)	地上部干重 Shoot dry weight (g)	地下部鲜重 Root fresh weight (g)	地下部干重 Root dry weight (g)	全株鲜重 Fresh weight (g)	全株干重 Dry weight (g)	根系活力 Root vitality ( $\mu\text{g (g h)}^{-1}$ )	根冠比 Root shoot ratio	G 值 ( $\text{mg d}^{-1}$ )	壮苗指数 Seedling index
CK	$5.54 \pm 0.37 \text{ a}$	$0.50 \pm 0.01 \text{ de}$	$0.83 \pm 0.07 \text{ d}$	$0.07 \pm 0.02 \text{ e}$	$6.37 \pm 0.32 \text{ a}$	$0.58 \pm 0.02 \text{ d}$	$6.34 \pm 0.02 \text{ f}$	$0.15 \pm 0.02 \text{ c}$	14.38	0.26
T1	$4.92 \pm 0.07 \text{ bc}$	$0.56 \pm 0.01 \text{ b}$	$1.10 \pm 0.12 \text{ ab}$	$0.11 \pm 0.01 \text{ ab}$	$6.01 \pm 0.16 \text{ b}$	$0.67 \pm 0.00 \text{ b}$	$7.26 \pm 0.02 \text{ e}$	$0.22 \pm 0.02 \text{ b}$	16.85	0.34
T2	$5.32 \pm 0.11 \text{ a}$	$0.58 \pm 0.04 \text{ b}$	$1.14 \pm 0.13 \text{ a}$	$0.11 \pm 0.01 \text{ ab}$	$6.46 \pm 0.04 \text{ a}$	$0.68 \pm 0.04 \text{ b}$	$10.00 \pm 0.09 \text{ c}$	$0.21 \pm 0.03 \text{ b}$	17.04	0.35
T3	$4.24 \pm 0.10 \text{ f}$	$0.55 \pm 0.01 \text{ bc}$	$0.91 \pm 0.03 \text{ cd}$	$0.08 \pm 0.01 \text{ de}$	$5.15 \pm 0.07 \text{ e}$	$0.63 \pm 0.02 \text{ c}$	$7.41 \pm 0.38 \text{ e}$	$0.21 \pm 0.01 \text{ b}$	15.71	0.29
T4	$5.01 \pm 0.05 \text{ b}$	$0.50 \pm 0.01 \text{ e}$	$0.87 \pm 0.9 \text{ cd}$	$0.09 \pm 0.01 \text{ cde}$	$5.88 \pm 0.03 \text{ bc}$	$0.58 \pm 0.01 \text{ d}$	$5.59 \pm 0.14 \text{ g}$	$0.17 \pm 0.02 \text{ c}$	14.54	0.28
T5	$4.53 \pm 0.02 \text{ de}$	$0.52 \pm 0.01 \text{ cde}$	$0.98 \pm 0.01 \text{ bc}$	$0.11 \pm 0.01 \text{ ab}$	$5.51 \pm 0.02 \text{ d}$	$0.63 \pm 0.01 \text{ c}$	$8.68 \pm 0.27 \text{ d}$	$0.22 \pm 0.00 \text{ b}$	15.79	0.32
T6	$4.49 \pm 0.03 \text{ e}$	$0.64 \pm 0.02 \text{ a}$	$1.17 \pm 0.03 \text{ a}$	$0.11 \pm 0.01 \text{ ab}$	$5.66 \pm 0.03 \text{ cd}$	$0.75 \pm 0.02 \text{ a}$	$8.74 \pm 0.22 \text{ d}$	$0.26 \pm 0.01 \text{ a}$	18.79	0.37
T7	$4.75 \pm 0.07 \text{ cd}$	$0.53 \pm 0.02 \text{ cd}$	$1.08 \pm 0.08 \text{ ab}$	$0.10 \pm 0.01 \text{ bcd}$	$5.83 \pm 0.04 \text{ bc}$	$0.62 \pm 0.03 \text{ c}$	$10.19 \pm 0.04 \text{ c}$	$0.23 \pm 0.02 \text{ b}$	15.54	0.33
T8	$4.83 \pm 0.02 \text{ bc}$	$0.64 \pm 0.01 \text{ a}$	$1.06 \pm 0.05 \text{ ab}$	$0.10 \pm 0.01 \text{ abc}$	$5.89 \pm 0.06 \text{ bc}$	$0.74 \pm 0.00 \text{ a}$	$10.62 \pm 0.05 \text{ b}$	$0.22 \pm 0.01 \text{ b}$	18.54	0.35
T9	$4.58 \pm 0.12 \text{ de}$	$0.63 \pm 0.02 \text{ a}$	$0.98 \pm 0.02 \text{ bc}$	$0.12 \pm 0.01 \text{ a}$	$5.56 \pm 0.12 \text{ d}$	$0.75 \pm 0.03 \text{ a}$	$11.44 \pm 0.37 \text{ a}$	$0.22 \pm 0.01 \text{ b}$	18.67	0.37

注: 同列不同小写字母表示不同处理间差异在  $P < 0.05$  水平具有统计学意义。

含量、株高、茎粗、叶面积、叶绿素相对含量、 $Pn$ 、 $Gs$ 、 $Ci$ 、 $Tr$  及根冠比等 13 个性状进行主成分分析。根据主成分分析理论, 如果前  $r$  个主成分的累计贡献率达到 85% 以上, 则表示前  $r$  个主成分已能反映原有变量的绝大部分信息。由表 7 可知, 前 4 个主成分的累积贡献率已达到 86.96%, 超过 85% 以上, 因此可以选取前 4 个主成分作为番茄幼苗生长、生理、光合等指标选择的综合指标 ( $CI$ ), 根据 4 个主成分贡献率可以得到 4 个主成分的权重分别为 0.58、0.19、0.14 和 0.09。根据表 8 主成分特征向量可以得到综合指标 ( $CI$ ) 的计算公式:

$$CI_1 = 0.09X_1 + 0.05X_2 + 0.11X_3 + 0.14X_4 - 0.11X_5 -$$

$$0.12X_6 - 0.09X_7 + 0.13X_8 + 0.11X_9 + 0.10X_{10} - 0.03X_{11} + 0.13X_{12} + 0.13X_{13};$$

$$CI_2 = -0.32X_1 + 0.33X_2 + 0.20X_3 + 0.00X_4 + 0.26X_5 + 0.14X_6 - 0.03X_7 + 0.03X_8 + 0.19X_9 - 0.08X_{10} + 0.21X_{11} + 0.19X_{12} - 0.01X_{13};$$

$$CI_3 = 0.13X_1 + 0.20X_2 + 0.00X_3 + 0.15X_4 + 0.08X_5 - 0.11X_6 + 0.41X_7 + 0.01X_8 + 0.20X_9 - 0.17X_{10} - 0.44X_{11} + 0.10X_{12} - 0.32X_{13};$$

$$CI_4 = 0.07X_1 - 0.38X_2 + 0.29X_3 + 0.16X_4 + 0.16X_5 - 0.32X_6 + 0.18X_7 + 0.08X_8 + 0.30X_9 - 0.45X_{10} + 0.43X_{11} + 0.15X_{12} + 0.11X_{13};$$

表 7 各主成分的特征值和贡献率

Table 7 The eigenvalue and contribution rate of each principal component

成份 Ingredient	初始平方载荷值 Initial square load value			提取平方载荷值 Extracting squared load values			权重 Weight
	特征值 Eigenvalue	方差贡献率 (%) Variance contribution rate	累积贡献率 (%) Cumulative contribution rate	特征值 Eigenvalue	方差贡献率 (%) Variance contribution rate	累积贡献率 (%) Cumulative contribution rate	
1	6.519	50.150	50.150	6.519	50.150	50.150	0.580
2	2.141	16.470	66.619	2.141	16.470	66.619	0.190
3	1.578	12.139	78.758	1.578	12.139	78.758	0.140
4	1.066	8.203	86.962	1.066	8.203	86.962	0.090
5	0.592	4.556	91.518				
6	0.459	3.532	95.050				
7	0.323	2.482	97.532				
8	0.282	2.172	99.704				
9	0.038	0.296	100.000				
10	1.49E-16	1.15E-15	100.000				
11	5.30E-17	4.08E-16	100.000				
12	-1.07E-16	-8.20E-16	100.000				
13	-1.23E-16	-9.49E-16	100.000				

由表 8 可知, 第一主成分叶绿素总含量的特征值比较大; 第二主成分可溶性糖含量的特征值比较

大; 第三主成分叶面积的特征值比较大; 第四主成分  $Ci$  的特征值比较大。综上所述, 选取叶绿素总含

表 8 主成分特征向量

Table 8 Principal component eigenvector

项目 Project	主成分 Main ingredient			
	1	2	3	4
X1	0.09	-0.32	0.13	0.07
X2	0.05	0.33	0.20	-0.38
X3	0.11	0.20	0.00	-0.29
X4	0.14	0.00	0.15	0.16
X5	-0.11	0.26	0.08	0.16
X6	-0.12	0.14	-0.11	-0.32
X7	-0.09	-0.03	0.41	0.18
X8	0.13	0.03	0.01	0.08
X9	0.11	0.19	0.20	0.30
X10	0.10	-0.08	-0.17	-0.45
X11	-0.03	0.21	-0.44	0.43
X12	0.13	0.19	0.10	0.15
X13	0.13	-0.01	-0.32	0.11

注: X1: 可溶性蛋白; X2: 可溶性糖; X3: 根系活力; X4: 叶绿素总含量; X5: 株高; X6: 茎粗; X7: 叶面积; X8: 叶绿素相对含量; X9: 净光合速率 ( $pn$ ); X10: 气孔导度 ( $Gs$ ); X11: 胞间二氧化碳浓度 ( $Ci$ ); X12: 蒸腾速率 ( $Tr$ ); X13: 根冠比。

量、可溶性糖含量、叶面积和  $C_i$  作为番茄秧苗质量综合评价指标, 这些指标能够反映绝大部分番茄幼苗的生长信息。

由表 9 可知, 通过计算不同基质配比中番茄幼苗各项指标的贡献率和权重计算  $D$  值并进行综合排名得出: T9 处理的番茄幼苗  $D$  值较大, 为 0.83;

T8 处理的番茄幼苗  $D$  值次之, 为 0.81; CK 处理的番茄幼苗  $D$  值最小, 为 0.25; 其他处理的番茄幼苗  $D$  值为 0.31~0.73, 但均高于对照。根据综合得分得出: 不同基质配比处理的番茄幼苗各性状指标的综合排序为 T9 > T8 > T6 > T5 > T7 > T1 > T4 > T2 > T3 > CK。

表 9 主成分得分及综合评价  
Table 9 Principal component score and comprehensive evaluation

处理 Treatment	$CI_1$	$CI_2$	$CI_3$	$CI_4$	隶属函数值 Subordinate function value				$D$ 值 $D$ value	排名 Rank
					u1	u2	u3	u4		
CK	-4.62	0.79	0.63	-0.21	0.00	0.66	0.60	0.48	0.25	10.00
T1	-1.36	1.65	-0.97	0.49	0.41	0.86	0.13	0.69	0.48	6.00
T2	-1.64	1.01	-1.42	0.25	0.37	0.71	0.00	0.62	0.41	8.00
T3	-1.01	-1.60	-1.22	-1.21	0.45	0.11	0.06	0.19	0.31	9.00
T4	-2.24	-2.08	1.74	0.90	0.30	0.00	0.93	0.81	0.42	7.00
T5	0.94	-0.40	-0.17	0.63	0.70	0.38	0.37	0.73	0.60	4.00
T6	3.33	-0.86	-1.30	1.55	1.00	0.28	0.04	1.00	0.73	3.00
T7	1.81	-1.31	-0.10	-1.84	0.81	0.18	0.39	0.00	0.55	5.00
T8	2.25	0.51	1.97	0.28	0.86	0.59	1.00	0.63	0.81	2.00
T9	2.54	2.27	0.84	-0.84	0.90	1.00	0.67	0.30	0.83	1.00

注: X1: 可溶性蛋白; X2: 可溶性糖; X3: 根系活力; X4: 叶绿素总含量; X5: 株高; X6: 茎粗; X7: 叶面积; X8: 叶绿素相对含量; X9: 净光合速率 ( $pn$ ); X10: 气孔导度 ( $G_s$ ); X11: 胞间二氧化碳浓度 ( $C_i$ ); X12: 蒸腾速率 ( $Tr$ ); X13: 根冠比

### 3 讨论

基质是幼苗根系生长的环境, 其理化特性关系到幼苗根系的生长状况, 从而关系到地上部生长发育情况即定植后的综合生产能力和生长速度<sup>[21-24]</sup>。无土栽培基质适宜的容重范围为  $0.1 \sim 0.8 \text{ g cm}^{-3}$ , 总孔隙度范围为 54% 以上, 气水比范围为  $1:2 \sim 1:4$ , pH 范围为  $5.7 \sim 8.0$ , EC 值不宜超过  $2.6 \text{ mS cm}^{-1}$ <sup>[15]</sup>。本试验中 10 种复合基质配方的容重、总孔隙度、pH、EC 值均在适宜的理想范围内。其中, 在草炭复合基质中加入椰糠后, 复合基质的容重、总孔隙度和持水孔隙度均有所减小, 该结果与王跃华<sup>[25]</sup>、张天天<sup>[26]</sup>等人的试验结果不一致, 其原因可能是复合基质中选用的基质成分比例不同, 使其复合基质理化性质发生变化, 进而致使试验结果不一致。

生长指标可以最直观反映植株生长状态<sup>[27]</sup>。本试验中, 在含有草炭的复合育苗基质中加入椰糠, 番茄幼苗的株高、茎粗、叶面积等均有所下降, 这与任志雨<sup>[28]</sup>等人的研究结果相似, 说明椰糠颗粒大降低了基质的保水性能, 在高温天气易使幼苗缺水生长受阻; 而在不含有草炭的复合基质中加入适宜比例的椰糠, 番茄幼苗的叶绿素含量有所增加而形态指标虽有下降但差异不大。

可溶性蛋白含量和可溶性糖含量是植物重要的

渗透调节物质之一, 它们含量的多少可以反映幼苗的新陈代谢状况<sup>[29]</sup>。叶绿素是反映植物营养状况和生长发育状况的重要指标<sup>[30]</sup>。本试验中, 在含有草炭的复合基质中, 随着椰糠比例的增加番茄幼苗叶片的可溶性蛋白含量、叶绿素含量逐渐增加, 而可溶性糖含量逐渐减小, 这与仇淑芳<sup>[31]</sup>等人的研究结果不一致, 可能是本试验添加的蛭石和珍珠岩基质对复合基质的理化特性有所改变, 致使试验结果产生差异; 而在不含有草炭的复合基质中, 随着椰糠比例的减少番茄幼苗叶片的可溶性糖含量有所提高而可溶性蛋白含量有增有减, 说明适宜比例的椰糠复合基质有助于番茄幼苗的生理代谢活动。

净光合速率、气孔导度、胞间  $\text{CO}_2$  浓度以及蒸腾速率可以直观的反映植物光合能力的大小且蒸腾速率的大小可以反映植物适应逆境的能力<sup>[30]</sup>。试验表明, 在含有草炭的复合基质中, 随着椰糠比例的增加, 番茄幼苗叶片的气孔导度 ( $G_s$ ) 和蒸腾速率 ( $Tr$ ) 逐渐增大, 而净光合速率 ( $Pn$ ) 逐渐减小; 不含草炭的复合基质番茄幼苗叶片的净光合速率 ( $Pn$ )、气孔导度 ( $G_s$ ) 和蒸腾速率 ( $Tr$ ) 相较于草炭的复合基质有所提高。这与丁哲利<sup>[32]</sup>等人的研究结果一致。由此可见, 养分丰富、透气性能和持水性能良好的复合基质, 可以提高光合作用效率和

对环境的适应力, 从而为秧苗的生长发育提供优质的生长条件。同时本研究发现, 番茄幼苗叶片的叶绿素相对含量和叶绿素总含量与幼苗叶片的净光合速率、气孔导度、蒸腾速率数值大致成正比, 这与李彩霞<sup>[33]</sup>等人的研究结果相似, 可能是因为叶绿素参与光合作用, 而良好的根际环境有助于提高叶片的叶绿素含量, 加快光合物质的积累, 进而促进幼苗叶片的光合作用。

根系是植株吸收水分和养分的重要器官, 根系活力及幼苗同化物积累量可以反映幼苗根系的生长状态、幼苗的营养水平<sup>[34-35]</sup>。根冠比反映了番茄幼苗积累的同化物在地上部、地下部间的分配比例, 壮苗指数则是根据幼苗的株高、茎粗以及幼苗同化物积累量来综合评判幼苗素质的指标, 数值越大, 幼苗越健壮<sup>[36-37]</sup>。本试验结果表明: 在含有草炭的复合育苗基质中随着椰糠比例的增加, 番茄幼苗的地下部生长较为旺盛且根系活力显著增加, 而在不含有草炭的复合育苗基质中, 随着椰糠比例的增加, 番茄幼苗的根系活力逐渐减弱, 但均显著高于对照, 说明在完全没有草炭的复合育苗基质中加入适宜比例的椰糠有助于促进番茄幼苗根系的生长并提高根系活力, 这与孙建磊<sup>[38]</sup>等人的研究结果一致。

综合考虑不同复合基质配方对番茄幼苗的生长、生理活性、同化物积累及光合特性的影响不同, 本试验将 10 种复合基质配方培育的番茄幼苗的各项指标进行主成分分析并进行综合评价, 综合评价由高到低为: T6 > T9 > T2 > T1 > T8 > T5 > T7 > T3 > T4 > CK, 说明 T6 处理复合基质配方培育的番茄幼苗各项指标相对良好。

## 4 结论

综上所述, T9 复合基质配方 [V(椰糠): V(蛭石): V(珍珠岩) = 3: 2.5: 2.5] 培育的番茄幼苗的可溶性糖含量、叶绿素 b 含量及叶绿素总含量等生理活性和 Pn、Gs、Tr 光合特性相对较好, 分别为 0.15 mg g<sup>-1</sup>、0.68 mg g<sup>-1</sup>、和 1.36 mg g<sup>-1</sup>、15.73 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>、0.18 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>、9.59 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>; 根冠比、G 值及壮苗指数分别为 0.22、18.67 mg d<sup>-1</sup>、0.37, 其中 G 值、壮苗指数与主成分分析结果基本一致。因此, 该复合基质配方培育的番茄幼苗素质优良, 同时缓解了草炭的使用压力和椰子果实外壳污染环境, 可作为番茄穴盘育苗较为适宜的基

质配方。

## 参考文献:

- [1] 王秀英. 浅谈无土栽培技术[J]. 科技情报开发与经济, 2004, (7): 176 - 178.
- [2] 柴文臣. 工厂化育苗基质配比及生长调节剂对番茄苗期生长的影响[D]. 晋中: 山西农业大学, 2017.
- [3] 李德翠. 番茄穴盘育苗复合基质配方筛选研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2014.
- [4] 刘 荃, 张启翔, 潘会堂. 椰糠作为栽培基质对岩生报春盆花生长发育的影响[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2013, 42(5): 498 - 502.
- [5] 苏 飞. 椰糠复合基质在番茄无土栽培上应用与推广[D]. 福州: 福建农林大学, 2014.
- [6] 何圣米, 陈新娟, 徐明飞, 等. 辣椒秸秆有机基质对辣椒育苗的影响[J]. 浙江农业科学, 2009, (3): 457 - 459.
- [7] 郑冬梅, 吴卫东, 苏 飞, 等. 椰糠复合基质对设施大棚番茄栽培的影响[J]. 亚热带农业研究, 2015, 11(4): 236 - 240.
- [8] 华炜辉. 椰糠栽培甜椒技术的优化与推广应用[D]. 福州: 福建农林大学, 2014.
- [9] Poole H A, 王中强, 孟宪民. 椰糠与加拿大藓类泥炭作为园艺栽培基质的比较[J]. 腐植酸, 2003, (1): 35 - 38.
- [10] Abad M, Noguera P, Puchades R, et al. Physico-chemical and chemical properties of some coconut coir dusts for use as a peat substitute for containerised ornamental plants[J]. *Bioresource Technology*, 2002, 82(3): 241 - 245.
- [11] Handreck, Kevin A, Neil D, et al. Growing media for ornamental plants and turf[M]. University of New South Wales Press. Randwick New Australia, 1994: 448
- [12] Neerow A W. Growth of two subtropical ornamentals using coir (coconut mesocarp pith) as a peat substitute[J]. *Hortscience*, 1994, (29): 1484 - 1486.
- [13] 代惠洁, 纪祥龙, 杜迎刚. 椰糠替代草炭作番茄穴盘育苗基质的研究[J]. 北方园艺, 2015, (9): 46 - 48.
- [14] 汤柔颖, 邱志豪, 韩莹琰, 等. 不同椰糠混配基质对生菜生长的影响[J]. 安徽农业科学, 2019, (21): 45 - 47.
- [15] 郭世荣. 无土栽培学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2019.
- [16] 程云霞, 陈 健, 刘迁杰, 等. 有机颗粒肥施入量对穴盘辣椒幼苗生长的影响[J]. 新疆农业科学, 2020, 57(1): 104 - 111.
- [17] 任 乐, 罗新兰, 天 来, 等. 日光温室温度对番茄叶面积扩展的影响[J]. 安徽农业科学, 2007, (9): 2610 - 2612.
- [18] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [19] 艾娟娟, 厚凌宇, 邵国栋, 等. 不同林业废弃物配方基质的理化性质及其对西桦幼苗生长效应的综合评价[J]. *植物资源与环境学报*, 2018, 27(2): 66 - 76.
- [20] 齐连芬, 王丹丹, 牛瑞生, 等. 基于主成分分析的温室番茄最佳有机肥与微生物菌剂配比[J]. 北方园艺, 2019, (1): 7 - 13.
- [21] 周万管, 徐 诚, 徐恒辉, 等. 工厂化番茄穴盘育苗基质筛选试验[J]. 浙江农业科学, 2020, 61(5): 903 - 905.
- [22] 刘 佳. 番茄椰糠复合基质栽培关键技术研究[D]. 邯郸: 河北工

- 程大学, 2020.
- [ 23 ] 李 婧. 番茄育苗基质配方筛选及保水剂应用效果研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2012.
- [ 24 ] 寿伟松. 黄瓜基质无土栽培技术的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2006.
- [ 25 ] 王跃华, 张明科, 惠麦侠, 等. 不同椰糠配比基质对白菜幼苗生长的影响[J]. 南方农业学报, 2019, 50(12): 2749 – 2754.
- [ 26 ] 张天天, 赵远方, 韩莹琰, 等. 椰糠和蛭石混配基质对生菜幼苗生长的影响[J]. 北京农学院学报, 2019, 34(2): 42 – 46.
- [ 27 ] 赵江涛, 李晓峰, 李 航, 等. 可溶性糖在高等植物代谢调节中的生理作用[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(24): 6423 – 6425.
- [ 28 ] 任志雨, 姚 萌, 切岩祥, 等. 椰糠与蛭石的不同配比对甜椒幼苗质量的影响[J]. 湖北农业科学, 2015, 54(18): 4493 – 4497.
- [ 29 ] 吴忠夷, 束 胜, 朱梦爽, 等. 醋糟复合基质对小型西瓜幼苗生长及生理代谢的影响[J]. 长江蔬菜, 2015, (16): 52 – 57.
- [ 30 ] Hua S, Zhang Y, Yu H, et al. Paclobutrazol application effects on plant height, seed yield and carbohydrate metabolism in canola[J]. International Journal of Agriculture and Biology, 2014, 16: 471 – 479.
- [ 31 ] 仇淑芳, 杨乐琦, 黄丹枫, 等. 草炭椰糠复合基质对‘紫油菜’生长和品质的影响[J]. 上海交通大学学报(农业科学版), 2016, 34(2): 40 – 46.
- [ 32 ] 丁哲利, 王必尊, 金志强, 等. 不同椰糠配比对巴西蕉生长的影响[J]. 浙江农业学报, 2016, 28(5): 853 – 856.
- [ 33 ] 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.
- [ 34 ] 石 玉, 曹 森, 刘嘉兴, 等. 不同基质配比对番茄幼苗生长的影响[J]. 浙江农业科学, 2019, 60(7): 1129 – 1134.
- [ 35 ] 詹孝慈, 罗在荣, 武忠亮, 等. 不同栽培基质对油茶容器苗生长和光合特性的影响[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(21): 123 – 127.
- [ 36 ] 张 颖. 不同基质配比对容器大叶女贞苗生长与生理指标影响的研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2011.
- [ 37 ] 李文杰. 丽格海棠无土栽培基质和营养液配方的优化筛选[D]. 保定: 河北农业大学, 2004.
- [ 38 ] 孙建磊, 吕晓惠, 赵 西, 等. 椰糠与蛭石不同配比对番茄穴盘苗生长的影响[J]. 中国蔬菜, 2016, (5): 45 – 48.

## Comprehensive Evaluation of the Growth Effect of Coconut-Bran Compound Substrate on Tomato Plug Seedling

ZHANG Jing, WU Hui\*, CHENG Yun-xia, CHEN Yi-lin, YAN Cun-yao, JIA Kai, PENG Yu  
(Xinjiang Agricultural University, College of Forestry and Horticulture, Urumqi 830052, China)

**Abstract:** In order to alleviate the pressure of the peat substrate utilization and the waste and the environmental pollution caused by the coconut fruit shell burned and discarded. A wool powder ‘812’ as a tested material was used to investigate the effects of different compound substrates on tomato seedling growth, leaf physiological activity and photosynthetic characteristics. The best compound substrate formula was screened out through the comprehensive evaluation on the effect of different compound substrates. The results showed that the aeration porosity, air-water ratio, pH, relative chlorophyll content, soluble sugar content, total chlorophyll content, stomatal conductance ( $G_s$ ), transpiration rate ( $Tr$ ), root vitality,  $G$  value and seedling index with T9 compound substrate formula [V (coconut bran) : V (vermiculite) : V (perlite) = 3 : 2.5 : 2.5] were relatively high, with the values of 10.46%, 0.19, 7.59, 46.59, 0.154 mg g<sup>-1</sup>, 1.356 mg g<sup>-1</sup>, 0.18 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, 9.59 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, 11.44 μg (g h)<sup>-1</sup>, 18.67 mg d<sup>-1</sup> and 0.37, respectively. The comprehensive evaluation on the indices of tomato seedlings by the principal component analysis showed that the comprehensive ranking with different compound substrate formulations from high to low was T9 [V (coconut bran) : V (vermiculite) : V (perlite) = 3 : 2.5 : 2.5] > T8 [V (coconut bran) : V (vermiculite) : V (perlite) = 4 : 3 : 1] > T6 [V (coconut bran) : V (vermiculite) : V (perlite) = 5 : 2 : 1] > T5 [V (coconut bran) : V (vermiculite) : V (perlite) = 5 : 1 : 2] > T7 [V (coconut bran) : V (vermiculite) : V (perlite) = 4 : 1 : 3] > T1 [V (grass) : V (coconut chaff) : V (Vermiculite) : V (Perlite) = 3 : 1 : 2 : 2] > T4 [V (coconut chaff) : V (vermiculite) : V (Perlite) = 4 : 2 : 2] > T2 [V (grass) : V (coconut bran) : V (vermiculite) : V (perlite) = 2 : 2 : 2 : 2] > T3 [V (grass) : V (coconut bran) : V (vermiculite) : V (perlite) = 1 : 3 : 2 : 2] > CK [V (peat) : V (vermiculite) : V (perlite) = 4 : 2 : 2]. These results indicated that the T9 compound substrate formula [V (coconut bran) : V (vermiculite) : V (perlite) = 3 : 2.5 : 2.5] could be a suitable plug seedling substrate formula for tomato.

**Key words:** Peat; Coconut bran; Tomato; Photosynthetic characteristics; Comprehensive evaluation

[责任编辑: 刘轶飞]