

# 生物质炭醋糟复配物代替草炭对辣椒幼苗生长的影响<sup>①</sup>

胡青青<sup>1,2</sup>, 李恋卿<sup>1,2\*</sup>, 潘根兴<sup>1,2</sup>

(1 南京农业大学农业资源与生态环境研究所, 南京 210095; 2 江苏省有机固体废弃物资源化协同创新中心, 南京 210095)

**摘要:** 生物质炭的农业利用日益受到关注。针对草炭资源日益耗竭的问题, 以药渣炭、木屑炭和猪粪炭为试验对象, 配比一定量的醋糟, 分析了不同配比生物质炭复合基质对辣椒幼苗生长的影响, 探讨了生物质炭复合基质代替草炭基质的可能性。试验结果表明: 生物质炭在与醋糟按 4:2、3:3、2:4 等不同配比混合后, 基质的 pH 大多数在 6.0~7.5, 基质的通气孔隙有所提高。综合整个幼苗生育期, 含 20% 生物质炭的各复合基质处理的辣椒幼苗株高、茎粗、叶面积、地上部生物量均显著优于对照草炭基质; 含 20%、40% 药渣炭的基质处理的幼苗根表面积、根体积表现较好, 在前期与草炭基质无显著差异, 后期显著高于草炭基质。药渣炭和木屑炭与醋糟混配基质的壮苗指数优于草炭处理, 其中 B1A2(药渣炭:醋糟:蛭石:珍珠岩=4:2:3:1)、B1A4(药渣炭:醋糟:蛭石:珍珠岩=2:4:3:1)、B2A4(木屑炭:醋糟:蛭石:珍珠岩=2:4:3:1)处理的壮苗指数均显著高于其他处理。综合评价各生长指标, B1A2 和 B1A4 处理基质的表现最好, 可代替草炭基质在辣椒育苗上应用。

**关键词:** 生物质炭; 基质; 废弃物; 醋糟; 辣椒育苗

**中图分类号:** S604+.3; S641.3 **文献标识码:** A

自 20 世纪 60 年代以来, 草炭因其具有质地轻、吸水透气性好、腐植酸含量高、有机质和纤维含量高、疏松多孔、缓冲能力强等优点<sup>[1-3]</sup>, 作为一种常用育苗基质被全世界广泛使用。但是, 据统计, 目前全球草炭资源储量约为  $4 \times 10^8 \text{ hm}^2$ , 仅占地球陆地面积的 3%<sup>[4]</sup>。且随着人们对草炭资源的需求日益增加, 草炭面积正迅速减少, 品质逐渐下降, 加上短期不可再生、地区分布不均、价格较高等原因<sup>[5]</sup>, 使得草炭资源替代的研究日益受到重视。

近年来, 生物质废弃物热裂解炭化利用越来越受到关注。生物质炭是生物质废弃物在完全或部分缺氧的情况下经热解炭化产生的高度芳香化、富含碳素的产物。李妮等<sup>[6]</sup>通过生物质炭部分取代草炭的番茄育苗表面多孔的固态物质<sup>[6-8]</sup>, 具有保水保肥<sup>[9-10]</sup>、提高氮肥利用率<sup>[11]</sup>、促进作物根系生长<sup>[12]</sup>和提高作物品质产量等作用<sup>[13-15]</sup>。目前将生物质炭应用于育苗基质的研究已有少量报道。试验表明, 生物质炭基质能够促进番茄提早出苗并促进其生长, 尤以 33% 稻壳炭 + 67% 常用基质处理最优, 但生物质炭处理基质的地下部根系活力降低。陈庆飞等<sup>[17]</sup>以竹条制备的

生物质炭部分替代草炭的研究显示, 3% 与 6% 的生物质炭替代量对铁皮石斛的株高、节间距、节数以及叶数没有显著影响。作为草炭的替代基质, 生物质炭的 pH、EC、养分含量等特性均影响其基质性能, 而生物质炭的这些特性与原料、热裂解温度有密切的关系。赵牧秋等<sup>[18]</sup>研究表明, 不同原料生物质炭的碱性基团含量和 pH 大小顺序为猪粪>木薯秸秆>桉树枝。Pituello 等<sup>[19]</sup>研究发现, 热裂解温度在 250~550°C 范围, 生物质炭的 pH 随着温度的升高而增加, EC 则呈现先降低后升高的趋势, 且在 350°C 时 EC 值最小。而已有基质研究中所用的生物质炭为部分取代草炭, 且试验用生物质炭的热裂解温度大多在 500~600°C<sup>[16-17,20]</sup>, 并且不同原材料的生物质炭混配基质的特性差异研究也少有报道。因此, 为了保护草炭资源, 克服生物质炭碱性缺点, 为工厂化生产质量稳定、性质优良的生物质炭基质提供技术和理论支持, 研究不同类型废弃物材料在相同工艺下制备的生物质炭在育苗上的应用显得尤为重要。

本文选择草本(药渣)、木本(木屑)以及动物粪便(猪粪)3 类典型生物质废弃物为原料, 在 350°C 下限

基金项目: 江苏省农业科技自主创新资金项目(CX(12)3039)和农业科技成果转化资金项目(2013GB23600666)资助。

\* 通讯作者(lqli@njau.edu.cn)

作者简介: 胡青青(1990—), 女, 江苏射阳人, 硕士研究生, 主要从事生物质炭农业应用研究。E-mail: 2013103069@njau.edu.cn

氧热裂解制备生物质炭,利用醋糟调节育苗基质的通气孔隙和酸碱度,研究生物质炭混合基质对辣椒幼苗生长的影响,探讨生物质炭取代草炭的可行性及适宜配比,旨在为保护草炭资源及废弃物处理和资源化利用提供更好的途径。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

生物质炭是中药渣、木屑、猪粪分别在炭化炉里经

350℃限氧热裂解而成。中药渣取自南京金陵制药厂,为生产“脉络宁”注射液留下的残渣,其主要成分为牛膝、玄参、石斛、金银花等;木屑和猪粪取自南京市六合区,其中,木屑为木材加工后留下的锯末。中药渣由于粒径相对过大在炭化前经粉碎处理。3种生物质炭在使用前均过5mm筛。蛭石和珍珠岩购于南京花卉市场,草炭和发酵好的醋糟购于镇江培蕾有机肥有限公司。草炭、醋糟和3种生物质炭的基本性质见表1。供试辣椒品种为“苏椒5号”,由南京种子公司提供。

表 1 基质材料的基本理化性质  
Table 1 Basic properties of studied media before being mixed

处理	pH(H <sub>2</sub> O)	EC(H <sub>2</sub> O) (μS/cm)	体积质量 (g/cm <sup>3</sup> )	总孔隙 (%)	全氮 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (g/kg)
草炭	5.30	238.5	0.20	72.87	17.31	1195.6	13.9	0.52
醋糟	5.12	687.0	0.18	83.99	17.24	959.0	371.0	1.86
蛭石	6.15	31.9	0.16	83.43	0.21	4.2	1.8	0.73
珍珠岩	7.71	123.2	0.19	61.16	2.30	2.8	0.0	0.15
药渣炭	7.84	210.0	0.17	43.85	31.20	509.6	1650.7	5.16
木屑炭	6.68	59.7	0.12	57.56	2.64	36.4	26.0	0.52
猪粪炭	8.21	317.0	0.23	67.86	12.82	264.6	6398.4	11.61

### 1.2 试验设计

试验共设14个处理,先将不同种类生物质炭(B1,药渣炭;B2木屑炭;B3猪粪炭)分别以不同体积比例与醋糟混配,设置4个水平(A1,6:0;A2,4:2;

A3,3:3;A4,2:4),并将蛭石和珍珠岩按3:1体积比例混配,再将以上两种混配物按有机无机6:4的体积比混配。对照为草炭、醋糟分别与蛭石、珍珠岩的混配。不同基质材料混配处理的体积比见表2。

表 2 育苗基质的体积配比(%)  
Table 2 Proportions of experimental seedling substrates (percentage by volume)

处理	炭种类及水平	醋糟	蛭石+珍珠岩(3:1)	处理	炭种类及水平	醋糟	蛭石+珍珠岩(3:1)
B1A1	药渣炭 60	0	40	B2A4	木屑炭 20	40	40
B1A2	药渣炭 40	20	40	B3A1	猪粪炭 60	0	40
B1A3	药渣炭 30	30	40	B3A2	猪粪炭 40	20	40
B1A4	药渣炭 20	40	40	B3A3	猪粪炭 30	30	40
B2A1	木屑炭 60	0	40	B3A4	猪粪炭 20	40	40
B2A2	木屑炭 40	20	40	CK1	草炭 60	0	40
B2A3	木屑炭 30	30	40	CK2	0	60	40

试验于2015年8月至11月在南京农业大学资源与环境科学学院温室中进行。2015年8月24日,将辣椒种子于55℃温汤浸种;30℃恒温培养箱催芽,露白后(8月29日)选取整齐度一致的种子播种。育苗容器选用72孔穴盘,每穴盘播一粒种子,每个处理1盘,3次重复,随机区组排列。9月3日开始陆续出苗,9月11日齐苗后统计出苗率。每天上午9:00前浇灌清水,期间不补充营养液,分别于2015年10月1日、2015年11月1日进行采样并测定辣椒幼苗的各项指标。

### 1.3 测定方法

育苗基质风干粉碎处理后,pH和EC采用基质(质量)与去离子水(体积)比1:10,振荡30min并静置30min后,于pH计和电导率仪上直接测定;全量氮、磷、钾采用H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>消煮,分别用凯氏定氮法、钼蓝比色法、火焰光度法测定;碱解氮、有效磷、速效钾分别用碱解扩散法,草酸浸提-钼蓝比色法,NH<sub>4</sub>Ac浸提-火焰光度法测定<sup>[21]</sup>。育苗基质的体积质量与孔隙度参照郭世荣<sup>[22]</sup>的方法测定。

幼苗茎叶生长发育指标包括株高、茎粗、叶面积

和叶绿素。株高用直尺测量,以茎基部到生长点的高度为准;茎粗用游标卡尺测量,以第一节位下偏上部为准;叶面积用直尺分别量取每片叶片的长和宽,再乘以校正系数 0.7 得到。叶绿素含量于收获前一天采用 SPAD 仪直接测定。

幼苗物质累积分配指标包括茎叶干重、根干重、根冠比。茎叶干重和根干重测定:每盘随机选取 10 株幼苗,样品经蒸馏水洗净用吸水纸吸干后直接称鲜量;在通风干燥箱 105℃下杀青 15 min,在 60℃下烘至恒重后称干重。根冠比=根干重/茎叶干重。

幼苗根系生长发育指标包括根长、根表面积、根直径和根体积。采用 WINRHIZO2003b 根系分析系统对根系进行扫描分析。

壮苗指数是幼苗质量的综合评价指标。壮苗指数=(茎粗/株高+根干重/茎叶干重)×总干重<sup>[23]</sup>。

幼苗养分测定:采用 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 消煮,分别用凯氏定氮法、钼蓝比色法、火焰光度法测定氮、磷、

钾含量<sup>[21]</sup>。

数据处理及作图用 Excel 完成,数据分析采用单因素方差分析(One way ANOVA)模型检验,处理间差异显著性使用新复极差法(Duncan)分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同原料配比基质的理化性质

**2.1.1 物理性状** 从表 3 可以看出,随着醋糟用量的增加,生物质炭用量的减少,生物质炭和醋糟混配基质的体积质量、通气孔隙、总孔隙和气水比基本呈现逐渐增加的趋势。除 30% 木屑炭基质(B2A3)处理外,生物质炭混配基质的体积质量和持水孔隙均显著小于草炭基质 CK1( $P<0.05$ )。除 40%、60% 木屑炭基质(B2A1、B2A2),生物质炭基质的通气孔隙和气水比显著高于 CK1( $P<0.05$ )。对于 3 种不含醋糟的生物质炭基质而言,木屑炭基质(B2A1)的体积质量(0.144 g/cm<sup>3</sup>)、通气孔隙(3.04%)、气水比(0.05)显著小于药渣炭(B1A1)和猪粪炭处理(B3A1)。

表 3 不同原料配比基质的物理性状(育苗前)  
Table 3 Physical properties of studied grown media (before nursery)

处理	体积质量(g/cm <sup>3</sup> )	通气孔隙(%)	持水孔隙(%)	总孔隙(%)	气水比
CK1	0.220 a	4.19 f	72.43 a	76.62 d	0.06 h
CK2	0.216 ab	15.34 a	63.34 ef	78.68 ab	0.24 a
B1A1	0.186 de	6.96 e	63.20 ef	70.16 e	0.11 ef
B1A2	0.175 fg	11.42 c	64.42 cdef	76.84 cd	0.18 d
B1A3	0.183 ef	13.86 ab	63.69 def	77.55 bcd	0.22 bc
B1A4	0.189 cde	13.40 b	66.85 c	79.25 a	0.20 c
B2A1	0.144 h	3.04 f	64.88 cdef	68.42 f	0.05 h
B2A2	0.166 g	3.89 f	66.22 cd	70.11 e	0.06 h
B2A3	0.194 cde	7.19 e	72.05 a	79.24 a	0.10 fg
B2A4	0.196 cd	8.89 d	69.41 b	78.30 abc	0.13 e
B3A1	0.198 c	5.72 e	64.70 cdef	70.42 e	0.09 g
B3A2	0.190 cde	10.54 c	66.49 c	77.03 cd	0.16 d
B3A3	0.197 c	14.00 ab	62.65 f	76.65 d	0.22 b
B3A4	0.209 b	14.06 ab	65.45 cde	79.51 a	0.21 bc

注:同列不同小写字母表示处理间差异在  $P<0.05$  水平显著。Duncan 多重比较,  $n=3$ 。下同。

**2.1.2 化学性状** 由表 4 可知,草炭基质 CK1、醋糟基质 CK2 及木屑炭的各配比处理基质的 pH 在 5.25~6.53 范围内,且猪粪炭、药渣炭和醋糟混配基质中除了 40% 猪粪炭基质(B3A2),各基质的 pH 均在 7.5 以内。各处理的 EC 值在 65~530  $\mu\text{S}/\text{cm}$  范围内,除 60% 药渣炭基质 B2A1 外,各处理的 EC 值显著高于 CK1(159.7  $\mu\text{S}/\text{cm}$ )。总体上,3 种生物质炭基质的 pH 随着醋糟用量的增加而降低,EC 值随醋糟用量的增加而增加。在炭添加量相同的情况下,3

种生物质炭基质的相应 pH 和 EC 值高低依次为猪粪炭>药渣炭>木屑炭。

在基质养分方面(表 4),药渣炭基质处理的全氮含量显著高于 CK1、CK2 及其他处理,但碱解氮的含量显著低于 CK1、CK2( $P<0.05$ )。基于醋糟基质的碱解氮含量较高(0.6 g/kg),生物质炭基质的碱解氮含量随着醋糟添加量的增加而增加。药渣炭基质和猪粪炭基质处理的有效磷和速效钾含量均显著高于 CK1、CK2 ( $P<0.05$ ),其中,猪粪炭基质的全磷和有效磷、

表 4 不同原料配比基质的化学性状(育苗前)  
Table 4 Chemical properties of studied grown media (before nursery)

处理	pH (H <sub>2</sub> O)	EC (μS/cm)	全氮 (g/kg)	全磷量 (g/kg)	全钾 (g/kg)	碱解氮 (g/kg)	有效磷 (g/kg)	速效钾 (g/kg)
CK1	5.25 j	159.7 i	11.80 de	14.90 hi	13.03 f	0.69 a	0.09 f	0.65 g
CK2	5.28 j	525.5 a	12.25 d	16.05 h	10.68 g	0.60 b	0.32 e	0.83 g
B1A1	7.89 b	164.9 i	17.70 a	34.61 d	19.16 b	0.28 g	1.03 c	4.88 d
B1A2	7.43 c	375.5 e	15.60 b	22.75 f	14.48 de	0.50 d	0.67 d	3.79 e
B1A3	7.17 e	388.0 de	13.65 c	20.82 g	13.97 def	0.54 c	0.73 d	3.68 e
B1A4	6.81 f	427.5 c	14.25 c	13.85 i	13.86 def	0.57 c	0.58 d	2.79 f
B2A1	6.53 g	65.7 j	5.23 h	9.50 k	14.83 cd	0.01 i	0.07 f	0.91 g
B2A2	6.52 g	255.5 h	8.76 g	11.70 j	14.76 cde	0.40 f	0.19 ef	0.89 g
B2A3	6.13 h	349.0 f	10.93 ef	9.13 k	14.21 def	0.46 e	0.28 ef	1.04 g
B2A4	5.88 i	400.0 d	12.31 d	11.92 j	13.49 ef	0.50 d	0.32 e	0.97 g
B3A1	8.34 a	314.0 g	10.63 f	58.70 a	20.51 a	0.13 h	3.39 a	11.37 a
B3A2	7.85 b	382.5 de	9.55 g	47.00 b	15.03 cd	0.45 e	1.45 b	6.85 b
B3A3	7.39 c	461.5 b	11.10 ef	28.95 e	13.04 f	0.50 d	1.37 b	6.04 c
B3A4	7.29 d	467.0 b	11.72 de	40.21 c	15.95 c	0.54 c	1.15 c	4.62 d

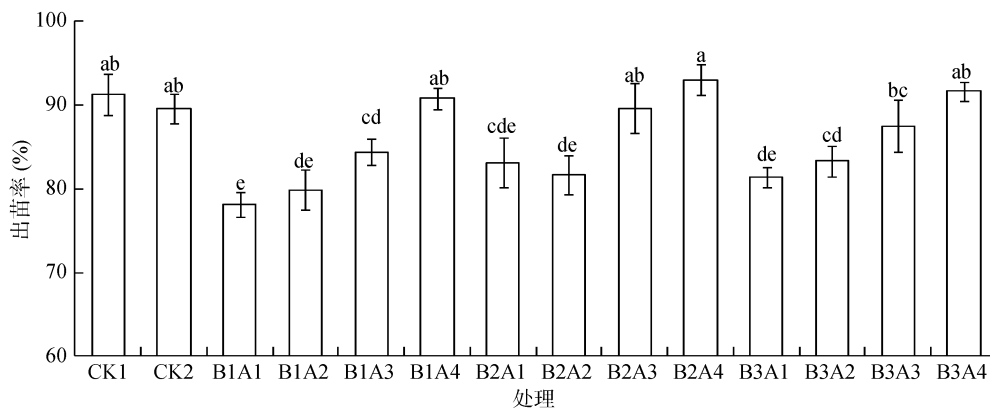
速效钾含量都显著高于其他处理。总的来说,3种炭混配基质中,药渣炭混配基质的全氮养分含量较高,猪粪炭混配基质的速效磷和钾养分含量较高,木屑炭的氮、磷、钾养分相对较低,但经过与醋糟混合后基质的养分含量有所提高。

## 2.2 不同原料配比基质对辣椒幼苗生长的影响

**2.2.1 辣椒出苗率** 从图 1 可以看出,总体上,3种生物质炭基质培育的辣椒出苗率随着醋糟含量的增加而提高,除含 30%药渣炭处理(B1A3)外,含 20% 和 30% 生物质炭的基质的出苗率与对照草炭基质(CK1)相比无显著差异( $P>0.05$ )。除了 40%、60% 药渣炭基质处理,各基质处理的辣椒出苗率都在 80% 以上。

**2.2.2 辣椒幼苗茎叶生长** 生物质炭基质对幼苗不同生长期茎粗、叶面积、叶绿素的影响不同(表 5),

在幼苗生长至第 19 天时,仅有 20% 生物质炭基质(B1A4、B2A4、B3A4)处理的茎粗显著高于草炭基质 CK1 ( $P<0.05$ ),20%、30% 生物质炭基质处理幼苗的叶面积显著优于 CK1 ( $P<0.05$ ); 幼苗生长 49 天后,除 40%木屑炭基质(B2A2)外,其他生物质炭和醋糟混配基质处理幼苗的茎粗和叶面积均显著高于 CK1 ( $P<0.05$ ),说明生物质炭基质对幼苗的促进作用在后期更为明显。在生长前期(第 19 天时),草炭基质 CK1 处理的叶绿素 SPAD 值最大,但生长后期(第 49 天时),药渣和木屑生物质炭基质(B1(A3 ~ A4)、B2(A2 ~ A4))处理辣椒幼苗的 SPAD 值均显著高于 CK1,说明药渣炭和木屑炭可促进幼苗叶绿素的生成。在幼苗生长期,20%、30% 生物质炭基质的株高均显著高于 CK1 ( $P<0.05$ )。总的来说,随着醋糟



(图柱上方不同小写字母表示处理间差异在  $P<0.05$  水平显著。Duncan 多重比较。下同。)

图 1 不同原料配比基质对辣椒出苗率的影响

Fig. 1 Effects of different nursery media on emergence rate of pepper seedlings

表 5 不同原料的基质比对辣椒幼苗茎叶生长的影响  
Table 5 Effects of different nursery media on shoots development characteristics of pepper seedlings

处理	第 19 天				第 49 天			
	茎粗 (mm)	株高 (cm)	叶面积 (cm <sup>2</sup> )	SPAD 值	茎粗 (mm)	株高 (cm)	叶面积 (cm <sup>2</sup> )	SPAD 值
CK1	0.92 de	5.76 ef	3.33 ef	36.49 a	1.03 e	6.33 h	3.60 g	26.97 d
CK2	1.15 a	8.49 a	7.77 a	27.87 b	1.37 c	10.63 de	11.45 e	23.90 f
B1A1	0.80 f	4.83 gh	1.93 h	23.28 h	1.02 ef	7.40 g	7.51 f	24.43 ef
B1A2	0.99 cd	5.95 e	3.80 de	26.79 cd	1.27 d	11.33 cd	18.93 c	24.43 ef
B1A3	0.99 cd	6.49 cd	4.68 c	26.13 de	1.27 d	11.83 bc	21.02 b	28.37 c
B1A4	1.13 ab	7.53 b	7.40 a	27.21 bc	1.54 b	13.67 a	25.34 a	29.13 c
B2A1	0.78 f	4.14 h	0.73 i	25.23 fg	0.93 g	4.23 i	1.60 h	16.47 g
B2A2	0.94 de	6.05 e	2.97 fg	27.11 bc	1.03 e	7.53 g	11.26 e	32.07 b
B2A3	1.02 cd	6.62 cd	4.33 cd	27.53 bc	1.33 cd	10.50 e	18.54 c	34.53 a
B2A4	1.09 bc	7.16 bc	4.18 cd	27.20 bc	1.66 a	12.33 b	17.84 c	29.23 c
B3A1	0.88 ef	5.05 fg	1.13 i	21.98 i	0.94 fg	5.83 h	4.51 g	16.07 g
B3A2	0.96 de	6.33 cd	3.3 ef	23.17 h	1.34 cd	9.33 f	15.33 d	24.10 ef
B3A3	1.00 cd	6.57 cd	2.52 g	24.55 g	1.49 b	10.50 e	15.90 d	26.80 d
B3A4	1.13 ab	7.63 b	5.38 b	25.72 ef	1.53 b	12.33 b	20.61 b	25.20 e

用量(A1~A4)的增加,3种炭处理基质的茎粗、株高、叶面积基本呈逐渐增加的趋势。20% 生物质炭基质的茎粗、株高、叶面积数值在整个幼苗生长期显著高于 CK1 处理( $P<0.05$ )。由此可见,生物质炭与醋糟的适量配比有利于辣椒幼苗地上部的生长,其配比基质所产生的效果优于草炭处理。

**2.2.3 辣椒幼苗根系生长** 从表 6 可以看出,生物质炭基质对辣椒幼苗不同生育期根系的生长影响不

同,在幼苗生长至第 19 天时,20% 和 40% 药渣炭基质(B1A4、B1A2)处理幼苗的根表面积和根体积与 CK1 无显著差异( $P>0.05$ ),并且 B1A2 处理幼苗的根长与 CK1 无显著差异( $P>0.05$ );而在后期(第 49 天时),各配比药渣炭、木屑炭和 20% 猪粪炭与醋糟混配基质处理的辣椒幼苗的根长、根表面积、根体积均显著高于 CK1( $P<0.05$ ),说明在幼苗生长后期生物质炭基质对根系的促进作用较强。同时,在生长后期(第

表 6 不同基质配比处理对辣椒幼苗根系生长的影响  
Table 6 Effects of different nursery media on root growth characteristics of pepper seedlings

处理	第 19 天				第 49 天			
	根长 (cm)	根粗 (mm)	根表面积 (cm <sup>2</sup> )	根体积 (cm <sup>3</sup> )	根长 (cm)	根粗 (mm)	根表面积 (cm <sup>2</sup> )	根体积 (cm <sup>3</sup> )
CK1	139.07 b	0.45 ab	19.57 b	0.22 b	156.46 f	0.46 ef	22.91 e	0.27 h
CK2	157.98 a	0.47 ab	23.30 a	0.27 a	249.86 c	0.55 bcd	43.35 b	0.60 d
B1A1	95.87 de	0.45 ab	13.58 de	0.15 ef	212.18 d	0.46 e	30.85 cd	0.35 g
B1A2	145.55 ab	0.43 b	19.56 b	0.21 bc	297.30 a	0.63 a	58.75 a	0.92 a
B1A3	86.03 e	0.46 ab	12.41 de	0.14 g	276.12 ab	0.56 bcd	48.70 b	0.68 c
B1A4	115.32 c	0.50 a	18.22 bc	0.23 b	286.34 a	0.62 ab	54.74 b	0.84 b
B2A1	56.94 f	0.45 ab	7.63 f	0.08 i	90.73 h	0.46 e	11.92 f	0.12 i
B2A2	80.96 e	0.44 ab	11.46 e	0.13 h	188.85 e	0.51 de	30.07 c	0.38 ef
B2A3	109.87 cd	0.45 ab	15.52 cd	0.17 d	259.43 bc	0.54 cd	44.22 b	0.60 d
B2A4	99.35 de	0.45 ab	14.02 de	0.16 e	281.30 ab	0.59 abc	45.59 b	0.67 cd
B3A1	58.47 f	0.44 ab	8.09 f	0.09 i	112.08 g	0.46 ef	16.29 f	0.19 i
B3A2	86.2 e	0.46 ab	12.52 de	0.15 fg	200.37 de	0.54 cd	33.73 c	0.46 ef
B3A3	99.23 de	0.45 ab	13.96 de	0.16 ef	140.89 fg	0.61 ab	27.06 de	0.41 fg
B3A4	94.62 e	0.48 ab	14.51 de	0.18 d	198.64 de	0.57 abc	35.31 c	0.50 e

49 天时), 炭添加量相同(20%(A4)、30%(A3))的情况下, 猪粪炭复合基质处理幼苗的根系各项发育指标显著低于其他两种炭基质( $P<0.05$ )。综合来看, 生物质炭复合基质能够显著促进辣椒幼苗根系的生长, 其中以 40% 药渣炭添加量的基质处理(B1A2)幼苗根系的生长整体表现较好。

### 2.3 不同原料配比基质对辣椒幼苗物质累积和分配的影响

如表 7 所示, 在幼苗生长前期, 20% 药渣(B1A4)、20% 木屑(B2A4)和 20% 猪粪(B3A4)生物质炭基质处理幼苗的地上部干质量显著高于草炭基质 CK1( $P<0.05$ ), 分别提高了 54.0%、27.0%、27.0%。

20% 药渣和 20% 木屑生物质炭基质处理幼苗的地下部干质量显著高于 CK1 ( $P<0.05$ ) 增幅均为 36.4%; 在幼苗生长后期, 除 40% 木屑炭基质(B2A2)外, 3 种生物质炭和醋糟混配基质处理幼苗的地上部、地下部干质量均显著高于 CK1 ( $P<0.05$ )。除 B1A2 处理外, 生物质炭与醋糟混配的基质处理幼苗的根冠比在前期与 CK1 无显著差异( $P>0.05$ ), 后期显著小于 CK1( $P<0.05$ )。总体来说, 3 种炭基质各处理的地上、地下部干质量分别随着醋糟用量的增加而增加, 且 20% 药渣炭和 20% 木屑炭基质处理在幼苗整个生长期地上部、地下部干质量均显著高于草炭基质 CK1 ( $P<0.05$ )。

表 7 不同原料配比基质对辣椒幼苗物质累积和分配的影响  
Table 7 Biomass accumulation and distribution of pepper seedlings

处理	第 19 天			第 49 天		
	地上部干质量 (mg/株)	地下部干质量 (mg/株)	根冠比	地上部干质量 (mg/株)	地下部干质量 (mg/株)	根冠比
CK1	24.67 e	7.33 cd	0.30 ef	25.56 g	16.50 g	0.65 a
CK2	41.33 a	14.67 a	0.35 def	45.07 f	29.13 d	0.67 a
B1A1	12.67 h	5.33 ef	0.43 cd	28.4 g	11.70 h	0.48 cde
B1A2	18.00 g	7.33 cd	0.44 c	76.43 cd	42.00 a	0.55 b
B1A3	27.33 d	8.00 cd	0.30 ef	85.33 b	33.10 c	0.37 de
B1A4	38.00 b	10.00 b	0.29 ef	105.47 a	39.13 b	0.37 de
B2A1	7.33 j	4.67 f	0.64 a	9.97 i	4.73 j	0.49 c
B2A2	20.00 f	7.33 cd	0.37 cde	45.20 f	16.50 g	0.36 de
B2A3	25.00 e	8.00 cd	0.32 ef	77.93 cd	28.40 d	0.37 de
B2A4	31.33 c	10.00 b	0.32 ef	81.47 bc	33.83 c	0.43 cd
B3A1	9.33 i	4.67 f	0.53 b	17.10 h	8.00 i	0.48 c
B3A2	18.00 g	5.33 ef	0.30 ef	60.77 e	21.46 f	0.36 de
B3A3	24.00 e	6.67 de	0.28 f	62.56 e	21.03 f	0.34 e
B3A4	31.33 c	8.67 bc	0.28 f	72.27 d	25.23 e	0.35 de

### 2.4 不同原料配比基质对辣椒幼苗壮苗指数的影响

壮苗指数是反映植株幼苗的生长状况的重要指标。一般情况下, 壮苗指数越大, 幼苗生长越好。图 2 显示, 20%、40% 药渣炭基质(B1A4、B1A2)和 20% 木屑炭基质(B2A4)的壮苗指数显著高于 CK1 和 CK2( $P<0.05$ )。药渣炭、木屑炭与醋糟混配的基质的壮苗指数均显著高于 CK1( $P<0.05$ ), 而猪粪炭混配基质与 CK1 相比差异不显著( $P>0.05$ )。总体而言, 药渣炭的壮苗效应最优, 其次为木屑炭, 猪粪炭相对较差。

### 2.5 不同原料配比基质对辣椒幼苗茎叶营养元素积累量的影响

由表 8 看出, 生物质炭基质能促进辣椒幼苗对养分的吸收。幼苗生长第 19 天时, 20% 药渣炭基质

(B1A4)处理幼苗的氮吸收量显著高于草炭基质 CK1 ( $P<0.05$ )。除 40% 药渣炭基质外(B1A2), 3 种生物质炭和醋糟混配基质处理的幼苗磷吸收量显著高于 CK1( $P<0.05$ )。20% 和 30% 炭添加量的药渣炭、猪粪炭基质处理下幼苗的钾吸收量显著高于 CK1 ( $P<0.05$ )。生长后期, 除 40% 木屑炭基质(A2B2)外, 药渣炭、猪粪炭与醋糟混配基质处理幼苗的氮、磷、钾养分吸收量显著高于 CK1、CK2( $P<0.05$ )。20%、30% 木屑炭基质处理幼苗的氮、钾养分吸收量显著高于 CK1、CK2( $P<0.05$ )。综合分析, 随着生物质炭用量的减少, 醋糟基质的增加, 各生物质炭复合基质的幼苗氮、磷、钾养分吸收量逐渐增加, 这与基质碱解氮含量及地上部干重的变化趋势一致。

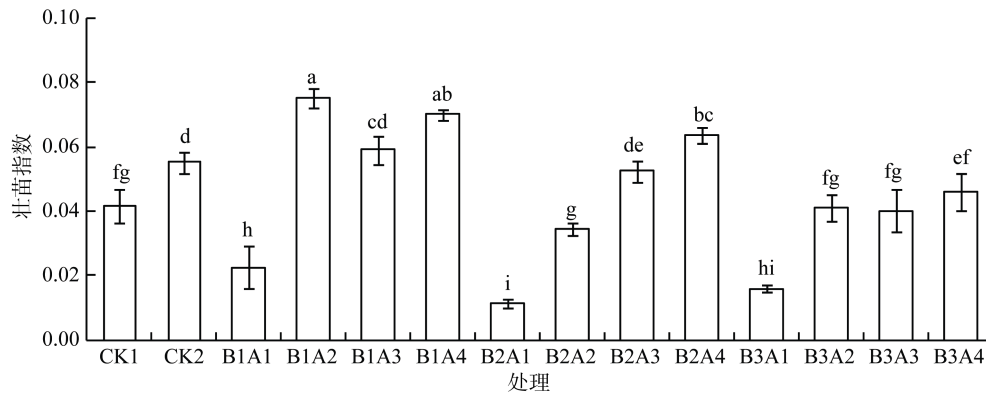


图 2 不同原料配比基质对辣椒幼苗壮苗指数的影响(出苗后第 49 天)

Fig. 2 Effect of different nursery media on strong seedling index of pepper seedlings

表 8 不同原料配比基质对辣椒幼苗茎叶营养元素积累量的影响(mg/株)

Table 8 Effects of different nursery media on nutrients concentration and accumulation of pepper seedlings

处理	第 19 天			第 49 天		
	氮	磷	钾	氮	磷	钾
CK1	0.20 bcd	0.04 e	0.73 ef	0.20 e	0.03 g	0.55 de
CK2	0.27 b	0.15 a	1.19 ab	0.33 d	0.09 efg	1.15 c
B1A1	0.10 ef	0.03 f	0.65 f	0.33 d	0.10 ef	0.88 cd
B1A2	0.17 cde	0.04 e	0.70 ef	0.60 b	0.25 abc	2.27 b
B1A3	0.27 b	0.07 d	0.96 d	0.60 b	0.15 cd	2.31 b
B1A4	0.33 a	0.12 bc	1.26 a	0.83 a	0.26 abc	3.03 a
B2A1	0.03 g	0.02 f	0.22 h	0.10 f	0.06 fg	0.13 e
B2A2	0.20 bcd	0.06 d	0.64 f	0.50 c	0.03 g	1.05 c
B2A3	0.23 bc	0.07 d	0.78 e	0.80 a	0.11 ef	2.15 b
B2A4	0.20 bcd	0.11 c	0.92 d	0.60 b	0.15 de	2.10 b
B3A1	0.07 fg	0.07 d	0.48 g	0.13 ef	0.13 ef	1.10 c
B3A2	0.10 ef	0.11 c	0.76 ef	0.56 bc	0.30 a	2.36 b
B3A3	0.13 def	0.13 b	1.01 cd	0.63 b	0.22 bc	2.22 b
B3A4	0.20 bcd	0.15 a	1.10 bc	0.77 a	0.29 ab	2.62 ab

### 3 讨论

一般来说,作为无土栽培的理想基质,要求基质的体积质量为  $0.1 \sim 0.8 \text{ g/cm}^3$ ,总孔隙度为  $54\% \sim 96\%$ ,通气孔隙度为  $10\% \sim 30\%$ ,pH 为  $5.0 \sim 7.0$ , $EC < 500 \text{ }\mu\text{S/cm}$ <sup>[24-26]</sup>。本试验的所有处理基质的体积质量在  $0.14 \sim 0.22 \text{ g/cm}^3$ ,总孔隙度在  $68\% \sim 79\%$ ,均在要求基质范围内。试验所用醋糟基质的通气孔隙较大,且随着醋糟在基质中的比例增加,基质的通气孔隙相应地增加,这与前人利用醋糟作为生长基质的研究结果一致<sup>[27]</sup>,这样很好地弥补了生物质炭通气孔隙小的缺点。本研究所用生物质炭的 pH 在  $6.6 \sim 8.2$ ,与常用基质相比偏高,通过添加醋糟,除 40% 猪粪炭基质外,其他生物质炭复合基质的 pH 均控制在 7.5 以内,说明醋糟在降低基质的 pH 上有很

大潜力。基质电导率过高会对植株生长产生不利的影响, Vaughn 等<sup>[28]</sup>通过土豆发酵沼渣与生物质炭混配进行西红柿和万寿菊栽培基质的试验表明,电导率高达  $7640 \text{ }\mu\text{S/cm}$  的生物质炭复合基质上培育的两种植物的干质量低于其他基质。本试验生物质炭混配基质的 EC 均小于  $500 \text{ }\mu\text{S/cm}$ ,符合理想 EC 值的要求。药渣炭的全氮含量最高,为草炭和醋糟的 2 倍,但碱解氮的含量仅为草炭和醋糟的一半。Chan 等<sup>[29]</sup>认为生物质炭的大部分氮以植物不可利用的形态存在,因此无机氮含量较低。虽然草炭基质的碱解氮含量最高,但幼苗的生长指标表现并不是最好,可能与其通气孔隙较小有关。

生物质炭用作基质能促进幼苗的生长。赵倩雯等<sup>[30]</sup>通过在常规育苗基质中添加生物质炭的白菜育苗试验表明,生物质炭可有效促进白菜幼苗的生长。李志

刚等<sup>[20]</sup>研究表明,草炭基质中添加生物质炭(5%)能显著提高番茄幼苗的株高、茎粗、叶面积、地上和地下生物量及壮苗指数。本研究结果显示,含 20% 生物质炭的复合基质处理辣椒幼苗的株高、茎粗、叶面积和地上部生物量均显著高于对照草炭基质 CK1。20% 和 40% 药渣炭复合基质处理下辣椒幼苗的根表面积、根体积在幼苗生长后期增加较快,显著高于草炭处理。这种生物质炭在后期作用更明显的现象与李冬等<sup>[31]</sup>的研究结果较为一致。这可能是由于生物质炭在前期有一些抑制作用,张晗芝等<sup>[32]</sup>通过生物质炭对玉米苗期生长影响的试验表明:在玉米苗期的前 33 天,生物质炭(48 t/hm<sup>2</sup>)对玉米株高的生长有显著抑制作用,但在玉米苗生长后期,生物质炭的抑制作用逐渐消失。

基质的理化性状、养分含量与幼苗的生长密切相关。本研究通过相关性分析发现,幼苗的株高、茎粗、地上部干重、地下部干重及壮苗指数与基质的碱解氮含量、通气孔隙、电导率之间显著正相关( $P < 0.05$ ) (表 9),表明基质良好的通气性、适宜的养分含量对幼苗的发育有很好的促进作用。Tian 等<sup>[33]</sup>通过对观赏植物冷水花的基质育苗研究表明,具有良好通气、持水孔隙的基质显著增加幼苗的生物量。同样地,相关研究表明<sup>[34-35]</sup>,育苗基质的表面积、孔性和矿质养分等性质是影响幼苗生长发育的重要因素。本试验通过调整生物质炭与醋糟的配比制成的基质有效地调节了基质的养分状况、通气条件以及 pH、电导率等特性,以达到适合幼苗生长的需要。

表 9 辣椒幼苗生长指标与基质各理化指标间的相关性  
Table 9 Correlation among physical and chemical properties of media and growth indices of pepper seedlings

时间		茎粗	株高	地上部干重	地下部干重	根长	根粗	壮苗指数
第 19 天	pH	-0.344	-0.426	-0.541*	-0.641*	-0.538*	-0.129	
	EC	0.880**	0.715**	0.728**	0.648*	0.388	0.434	
	通气孔隙	0.711**	0.648*	0.665**	0.623*	0.448	0.410	
	持水孔隙	0.133	0.036	0.133	0.040	0.212	-0.058	
	碱解氮	0.720**	0.739**	0.807**	0.647*	0.762**	0.379	
	有效磷	-0.374	-0.204	-0.374	-0.420	-0.433	-0.119	
	速效钾	-0.420	-0.245	-0.420	-0.502	-0.428	-0.112	
第 49 天	pH	-0.013	-0.131	-0.013	-0.174	-0.172	-0.081	-0.227
	EC	0.811**	0.708**	0.703**	0.688**	0.527	0.814**	0.701**
	通气孔隙	0.672**	0.601*	0.591*	0.631*	0.486	0.646*	0.654*
	持水孔隙	0.104	-0.012	0.104	0.120	0.138	0.018	0.133
	碱解氮	0.614*	0.555*	0.625*	0.698**	0.607*	0.602*	0.747**
	有效磷	-0.212	-0.125	-0.212	-0.301	-0.363	-0.101	-0.282
	速效钾	-0.155	-0.090	-0.155	-0.261	-0.331	-0.071	-0.253

注: \*和\*\*分别表示在  $P < 0.05$  和  $P < 0.01$  水平显著相关。

通过不同炭基质处理下的辣椒幼苗根系发育对比发现,幼苗生长后期,在炭添加量相同(20%、30%)条件下,猪粪炭基质的幼苗根系根长、根体积、根表面积、地下部干质量以及壮苗指数均显著小于药渣炭和木屑炭基质,这可能是由于猪粪炭基质在同比例炭添加量时的 pH(7.29 ~ 7.39)分别高于药渣炭基质(6.81 ~ 7.17)和木屑炭基质(5.88 ~ 6.13),而 pH 对作物尤其是根系的生长有直接影响<sup>[12]</sup>。此外, Pituello 等<sup>[19]</sup>比较不同材料生物质炭的组分时发现,猪粪炭中含有其他炭没有的吡啶类含氮化合物,这可能是猪粪炭对辣椒幼苗根系生长产生负面影响的另一原因,其具体原因还有待进一步研究。

本研究结果表明,20%、40% 药渣炭基质(B1A2、

B1A4)和 20% 木屑炭基质(B2A4)的幼苗壮苗指数显著高于其他处理,且 B1A4、B2A4 处理幼苗的株高、茎粗、叶面积和地上部生物量均显著高于对照草炭基质 CK1, B1A2 处理幼苗的株高、茎粗、叶面积、根长和地下部干重在前期与 CK1 无显著差异,后期显著高于 CK1 处理; B1A2、B1A4 处理幼苗的根表面积和根体积在前期与 CK1 无显著差异,后期显著高于 CK1 处理, B2A4 处理的幼苗根系表现相对差一些。综合考虑各地上、地下生长指标, B1A2 和 B1A4 这两种配比基质的辣椒幼苗表现最好,推荐其可以代替草炭在育苗上进行使用。综上,生物质炭有替代草炭基质应用于辣椒幼苗培育的潜力,同时各地废弃物资源不同,可以根据当地情况选择与腐熟醋糟性质类



似的废弃物与生物质炭进行混配,这不仅为新型工厂化育苗基质开发、利用提供了理论支持,还为更好地利用当地废弃物提供有效的途径。但是,生物质炭基质是否适用于其他所有蔬菜育苗,不同作物适宜用量是多少,还有待进一步研究。

#### 4 结论

1) 生物质炭在与醋糟按不同配比混合后,基质的pH都有所下降,大多数在6.0~7.5;基质的通气孔隙也得到改善,醋糟的添加增加了基质的通气孔隙。

2) 辣椒幼苗全生育期内,20% 生物质炭复合基质(B1A4、B2A4、B3A4)处理幼苗的株高、茎粗、叶面积、地上部生物量均显著优于草炭基质 CK1 处理( $P<0.05$ )。20%、40% 药渣炭复合基质处理幼苗的根表面积、根体积表现较好,在前期与 CK1 无显著差异( $P>0.05$ ),后期显著高于 CK1 处理( $P<0.05$ )。幼苗的茎粗、株高、地上部干重、地下部干重与基质的电导率、碱解氮、通气孔隙显著正相关( $P<0.05$ )。

3) 比较 3 种生物质炭基质对幼苗地下部生长的影响发现,猪粪炭基质处理下幼苗的根系生长弱于药渣炭和木屑炭的。

4) 各处理中,20%、40% 药渣炭基质(B1A4、B1A2)、20% 木屑炭基质(B2A4)处理的壮苗指数显著优于其他处理( $P<0.05$ )。

#### 参考文献:

- [1] 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(14): 1-4
- [2] 孟宪民. 我国泥炭资源的储量、特征与保护利用对策[J]. 自然资源学报, 2006, 21(4): 567-574
- [3] 崔秀敏, 王秀峰. 蔬菜育苗基质及其研究进展[J]. 天津农业科学, 2001, 7(1): 37-42
- [4] Maria S. Peatlands and Climate Change[M]. Jyväskylä: International Peat Society, 2008: 13
- [5] 范如芹, 罗佳, 高岩, 等. 农业废弃物的基质化利用研究进展[J]. 江苏农业学报, 2014, 30(2): 442-448
- [6] 袁金华, 徐仁扣. 生物质炭的性质及其对土壤环境功能影响的研究进展[J]. 生态环境学报, 2011, 20(4): 779-785
- [7] 张阿凤, 潘根兴, 李恋卿. 生物黑炭及其增汇减排与改良土壤意义[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(12): 2459-2463
- [8] 谢祖彬, 刘琦, 许燕萍, 等. 生物炭研究进展及其研究方向[J]. 土壤, 2011, 43(6): 857-861
- [9] Laird D, Fleming P, Wang B Q, et al. Biochar impact on nutrient leaching from a midwestern agricultural soil[J]. Geoderma, 2010, 158(3/4): 436-442
- [10] 吴丹, 林静雯, 张岩, 等. 牛粪生物炭对土壤氮肥淋失的抑制作用[J]. 土壤通报, 2015, 46(2): 458-463
- [11] 俞映惊, 薛利红, 杨林章, 等. 生物炭添加对酸化土壤中小白菜氮素利用的影响[J]. 土壤学报, 2015, 52(4): 759-767
- [12] 张伟明, 孟军, 王嘉宇, 等. 生物炭对水稻根系形态与生理特性及产量的影响[J]. 作物学报, 2013, 39(8): 1445-1451
- [13] 蔺海红, 付琳琳, 李恋卿, 等. 生物质炭对土壤特性及葡萄幼苗植株生长的影响[J]. 中国农学通报, 2013, 29(28): 195-200
- [14] 张斌, 刘晓雨, 潘根兴, 等. 施用生物质炭后稻田土壤性质、水稻产量和痕量温室气体排放的变化[J]. 中国农业科学, 2012, 45(23): 4844-4853
- [15] 刘园, Khan M J, 靳海洋, 等. 秸秆生物炭对潮土作物产量和土壤性状的影响[J]. 土壤学报, 2015, 52(4): 849-858
- [16] 李妮, 左强, 邹国元, 等. 三种生物质炭复合基质对番茄育苗效果的影响[J]. 北方园艺, 2015, (2): 150-153
- [17] 陈庆飞, 石岩, 刘玉学, 等. 生物炭替代泥炭栽培基质对铁皮石斛生长的影响[J]. 中国农学通报, 2015, 31(13): 30-35
- [18] 赵牧秋, 金凡莉, 孙照炜, 等. 制炭条件对生物炭碱性基团含量及酸性土壤改良效果的影响[J]. 水土保持学报, 2014, 28(4): 299-309
- [19] Pituello C, Francioso O, Simonetti J, et al. Characterization of chemical-physical, structural and morphological properties of biochars from biowastes produced at different temperatures[J]. Soils Sediments, 2015, (15): 792-804
- [20] 李志刚, 刘晓刚, 李健. 硫酸铵与鸡粪配比在含生物质炭育苗基质中的应用效果[J]. 中国土壤与肥料, 2012(1): 83-88
- [21] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000: 150-152, 179-181, 194-195, 308-315
- [22] 郭世荣. 无土栽培学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 423-424
- [23] 韩素芹, 王秀峰, 魏珉, 等. 甜椒穴盘苗壮苗指数及其与苗期性状的相关性研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2004, 35(2): 187-190, 195
- [24] 张硕, 余宏军, 蒋卫杰. 发酵玉米芯或甘蔗渣基质的黄瓜育苗效果[J]. 农业工程学报, 2015, 31(11): 236-242
- [25] Abad M, Noguera P, Burés S. National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: A case study in Spain[J]. Bioresource Technology, 2001, 77(2): 197-200
- [26] Abad M, Fornes F, Carrion C, et al. Physical properties of various coconut coir dusts compared to peat[J]. Hortscience, 2005, 40: 2138-2144
- [27] 刘超杰, 郭世荣, 王长义, 等. 混配醋糟复合基质对辣椒幼苗生长的影响[J]. 园艺学报, 2010, 37(4): 559-566
- [28] Vaughn S F, Eller F J, Roque L, et al. Evaluation of biochar-anaerobic potato digestate mixtures as renewable components of horticultural potting media[J]. Industrial Crops and Products, 2015, 65: 467-471
- [29] Chan K Y, Xu Z, et al. Biochar nutrient properties and their enhancement[C] // Lehmann J, Joseph S. Biochar for environmental management: Science and technology. UK: Earthscan, 2009: 67-84
- [30] 赵倩雯, 孟军, 陈温福. 生物炭对大白菜幼苗生长的影

- 响[J]. 农业环境科学学报, 2015, 34(12): 2394–2401
- [31] 李冬, 陈蕾, 夏阳, 等. 生物炭改良剂对小白菜生长及低质土壤氮磷利用的影响[J]. 环境科学学报, 2014, 34(9): 2384–2391
- [32] 张晗芝, 黄云, 朱建国, 等. 生物炭对玉米苗期生长、养分吸收及土壤化学性状的影响[J]. 生态环境学报, 2010, 19(11): 2713–2717
- [33] Tian Y, Sun X, Li S, et al. Biochar made from green waste as peat substitute in growth media for *Calathea rotundifolia* cv. *Fasciata*[J]. *Scientia Horticulturae*, 2012, 143: 15–18
- [34] 张舒玄, 常江杰, 李辉信, 等. 奶牛粪蚯蚓堆肥的基质配方及对草莓育苗的影响[J]. 土壤, 2016, 48(1): 59–64.
- [35] 黄忠阳, 杨巍, 常义军, 等. 茶渣蚓粪基质对小白菜幼苗生长的影响[J]. 土壤, 2015, 47(5): 863–867

## Effects of Biochar-vinegar Mixed Substrates Instead of Peat on Pepper Seedling Growth

HU Qingqing<sup>1,2</sup>, LI Lianqing<sup>1,2\*</sup>, PAN Genxing<sup>1,2</sup>

(1 *Institute of Resources, Ecosystem and Environment for Agriculture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;*  
2 *Jiangsu Collaborative Innovation Center for Solid Organic Waste Resource Utilization, Nanjing 210095, China*)

**Abstract:** There are more and more concerning on application of biochar in agriculture. Aiming to avoid excessive use of peat resource and explore its substitute, a pepper seeding experiment in the greenhouse was carried out. Three biochars (pyrolysed in 350° C, herb residue biochar, sawdust biochar and pig manure biochar as follow) were selected to be mixed with vinegar residue as the organic substrate, vermiculite and perlite as the inorganic substrate, and then those materials were mixed at four ratios to study their effects on the growth of pepper seedlings with peat substrate as control. After mixed with vinegar residue at different ratios, the pH and air filled porosity of biochar substrate became more appropriate for seeding. As a whole, the treatments containing 20% biochar showed better in height, stem diameter, leaf area, ground biomass of pepper seedlings, the treatments including 20% and 40% herb residue showed better in root surface and root volume while showed no significant difference with the control in short term, but better significantly than peat substrate in later period. The seedling index of treatments (B1A2(herb residue biochar : vinegar residue : vermiculite : perlite=4 : 2 : 3 : 1), B1A4(herb residue biochar : vinegar residue : vermiculite : perlite=2 : 4 : 3 : 1), B2A4(sawdust biochar : vinegar residue : vermiculite : perlite = 2 : 4 : 3 : 1)) were higher significantly than other treatments. Considering the multiple growth indicators of pepper seedling, the treatments B1A2 and B1A4 performed best among all treatments. So it is concluded that the two substates can replace peat for the pepper seedlings growth.

**Key words:** Biochar; Substrate; Wastes; Vinegar; Pepper seeding