

炭基双孢菇菌渣基质制备及其对水稻育秧效果研究

宋梦林^{1, 2}, 张勤娟^{1, 2}, 王 玲^{1, 2}, 陈松岭^{1, 2*}, 汪建飞^{1, 2}, 邢素芝^{1, 2*}

(1. 安徽科技学院资源与环境学院, 安徽 凤阳 233100;

2. 安徽省农业废弃物肥料化利用与耕地质量提升工程研究中心, 安徽 蚌埠 233400)

摘 要: 探明双孢菇菌渣配制水稻育秧基质的合理配比, 为菌菇渣资源化利用提供科学依据。以双孢菇菌渣、生物炭、蛭石、珍珠岩等为原材料, 按照不同比例配制成 6 种水稻育苗基质, 进而探究不同原料配比对基质的理化性质、水稻秧苗素质及其微生物群落数量等的影响。结果表明, 随着生物炭含量增加, 配制基质的退水速率呈递增趋势, T2 处理 (生物炭: 双孢菇菌渣: 蛭石: 珍珠岩=2.5: 8: 1: 1) 通气孔隙度、持水孔隙度比和气水比分别比 CK 处理 (含草炭市售基质) 提高 14.25%、5.34% 和 6.45%; 随着原料配比中生物炭含量增加, 基质中有机质、速效钾含量呈现增加趋势, T2 处理有机质、速效钾含量分别比 CK 处理提高了 1.71% 和 1.76%, 有效磷则呈现递减趋势; 对于秧苗素质而言, T2 处理茎粗、株高和根长分别比 T6 处理 (生物炭: 双孢菇菌渣: 蛭石: 珍珠岩=0.5: 8: 1: 1) 提高了 13.65%、13.53% 和 10.74%, 但与 CK 处理差异不显著, T2 处理的根系活力和根系盘结力分别比 T6 处理提高了 36.30% 和 96.89%; 除此之外, 随着生物炭含量的增加, 基质中细菌、真菌含量呈现递减趋势, 放线菌含量呈现递增趋势, 与 CK 处理相比, T2 处理放线菌含量提升了 7.12%, 细菌和真菌含量则分别降低 9.69% 和 9.46%; 综合来看, 当生物炭: 双孢菇菌渣: 蛭石: 珍珠岩的体积比为 2.5: 8: 1: 1 时配制的水稻育秧基质效果最佳。

关键词: 基质; 水稻; 生物炭; 双孢菇菌渣

水稻作为我国种植面积最大、总产量最高的粮食作物, 在我国粮食安全保障体系和农业生产中占有重要地位^[1]。水稻育秧作为水稻种植的关键环节, 可实现抗性强、高素质水稻秧苗的快速培育^[2]。当前, 在农业生产中, 为了保证秧苗具有充足的生育期, 常规旱水稻育秧一般采集大量优质泥炭土或田土作为水稻育苗床, 这一方面造成土壤耕层大面积受到破坏, 另一方面也造成生态环境破坏, 严重影响现代农业的可持续发展^[3]。因此, 替代传统水稻育苗方式的新型水稻育苗基质的研究迫在眉睫。当前市场上常用的栽培基质多以草炭为主, 具有通风、保水和养分含量高等优点, 但是, 草炭资源也面临着价格昂贵、来源不可再生等一系列问题, 极大地限制了其推广应用。因此, 开发可代替草炭的

新型基质显得尤为重要。

双孢菇菌渣是在双孢菇培养过程中产生的副产品^[4-6], 随着我国食用菌产业发展日益增大, 菌渣产量持续增加。然而, 只有少部分菌渣被用于有机肥生产、土壤改良、生态环境修复等的原料, 大部分菌渣因缺乏有效的处理途径成为严重的农业污染源^[7]。双孢菇菌渣中含有丰富的有机质和营养物质, 包括碳水化合物、蛋白质、氮、磷、钾等营养物质^[8-9], 这些养分在适当的条件下可以被微生物分解释放出来供植物吸收利用。如张楠等^[10]以双孢菇菌渣为基质进行水稻育苗, 发现添加双孢菇菌渣处理基质中的氮含量提升 44.82%, 磷含量提升 21.88%。葛桂民等^[11]利用双孢菇菌渣栽培黄瓜, 发现双孢菇菌渣孔隙度、容重等符合栽培基质物理性质的要求。双孢菇菌渣经过微生物分解后, 其角质层会被破坏呈现疏松多孔的结构, 因此, 双孢菇菌渣物理性状良好, 用来替代草炭能实现农林废弃物资源化利用, 又可以降低栽培成本^[12-13]。此外, Rajavat 等^[14]试验中发现, 菌渣中含有丰富的微生物多样性和大量具有生物活性的酶, 其中, 双孢菇和杏鲍菇菌渣中的漆酶和脱氢酶能够降解多环芳烃等酚类污染物以及土壤中的部分农药残留, 从而修

收稿日期: 2024-08-28; 录用日期: 2024-12-22

基金项目: 国家重点研发计划专项 (2022YFD2301402); 天长市智能装备及仪表研究院专项发展资金项目 (tzy202315); 安徽省教育厅重点项目 (2024AH050291)。

作者简介: 宋梦林 (1995-), 硕士研究生, 主要从事农业资源与利用研究。E-mail: 626809850@qq.com。

通讯作者: 陈松岭, E-mail: chensl@ahstu.edu.cn; 邢素芝, E-mail: Xingsz0906@qq.com。

复土壤的生态环境。赵振等^[15]研究发现,施用未灭菌双孢蘑菇菌渣肥料处理土壤中细菌数量较未施肥对照组增加 39.7%,放线菌的数量增加 18.0%。但双孢菇菌渣 pH 较低、容重较小、保水性差^[16],单一配制基质会导致植株吸收养分受阻、水肥供应不足等问题。

生物炭是粒度小、多孔性的碳质材料^[17],具有较强的吸附能力^[18],房彬等^[19]研究表明,施用生物炭处理使有机质含量提高了 44.9%。将生物炭添加到基质中可有效促进基质酶代谢、增加基质养分有效含量等,从而改善基质的理化性质。此外,生物炭的原材料来源广泛、生产成本低以及无二次污染,使其具有替代草炭作为育苗基质的巨大潜力^[20],如顾美英等^[21]研究表明,施用生物炭可提高新疆连作棉田根际土壤细菌和真菌数量,低量和高量生物炭处理分别使土壤中细菌数量提高了 16.1% 和 35.7%,真菌数量则提高了 300.0%。因此,生物炭的施用能够提供足够的碳源物质,可为微生物提供良好的栖息地,从而调节基质中微生物丰富度及多样性,进而影响土壤微生物群落的结构和组成特征。但是,目前采用生物炭对双孢菇菌渣基质进行优化改性,提高水稻秧苗质量的报道还不多见。

基于此,本研究以农林废弃物双孢菇菌渣、珍珠岩和蛭石为原料,以生物炭为改性剂,探究不同基质配比对水稻秧苗素质的影响,进而优选出适宜水稻生长的炭基双孢菇基质,以期资源高效利用、成本低廉的工厂化育苗基质的研发和应用提供技术和数据支撑。

1 材料与方法

1.1 供试材料

育苗试验地点位于安徽科技学院安徽省农业废弃物肥料化利用与耕地质量提升工程研究中心温室内。供试水稻品种为南粳 46。育秧基质材料主要包括双孢菇菌渣、生物炭、蛭石和珍珠岩,其中,以双孢菇菌渣为主材料,其他 3 种物料作为辅料,生物炭过 1 mm 筛,双孢菇菌渣过冬腐熟后经过粉碎,其基本理化性质如表 1 所示。育苗采用穴盘育苗盘,规格为 58 cm (长) × 28 cm (宽) × 3 cm (高)。供试基质来源于蚌埠市亿丰生物有机肥有限公司,成分为营养土、珍珠岩、蛭石、菌渣、草炭。供试生物炭来源于安徽省升泰节能科技服务有限公司,成分为小麦秸秆,制备方法为热解法。

表 1 双孢菇菌渣和生物炭基本理化性质

处理	pH	电导率 (mS/cm)	容重 (g/cm ³)	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	全磷 (g/kg)	全钾 (g/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	碱解氮 (g/kg)
双孢菇菌渣	6.86	0.32	0.47	42.96	2.73	0.59	0.84	139.07	268.69	1.55
生物炭	8.02	0.83	0.73	51.89	1.20	1.06	1.15	18.22	324.40	0.35

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计

将双孢菇菌渣、生物炭、蛭石和珍珠岩按照不同比例均匀混合,各原料具体配比如表 2 所示,共设 6 组处理,并以常规市场销售基质为对照 (CK),各处理进行统一管理。

表 2 育苗基质配方 (体积比)

处理	生物炭	双孢菇菌渣	蛭石	珍珠岩
T1	3.0	8	1	1
T2	2.5	8	1	1
T3	2.0	8	1	1
T4	1.5	8	1	1
T5	1.0	8	1	1
T6	0.5	8	1	1
CK	市场销售基质			

1.2.2 基质育苗方法

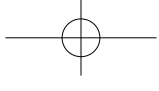
在育苗盘内敷设育苗基质的厚度为 2.5 cm,一次性浇透水备用,每盘播芽谷 (70 ± 1) g。水稻播种前浸种 2 d,在常温条件下催芽 2 d。每个处理 3 个重复,随机区组排列。

1.3 样品采集与测定

1.3.1 基质物理性质测定

基质的容重、总孔隙度、通气孔隙度、持水孔隙度、气水比、持水能力等采用环刀法测定^[22],具体方法如下:

取已知体 (容) 积 (V ≥ 4 L, 标出 3 L 线并用小刀凿以小缝隙) 的塑料烧杯,称净重 (W1); 把自然风干的待测基质装填入塑料烧杯至 3 L 线,称重 (W2); 然后将装有基质的塑料烧杯用两层湿纱布封口,并将所凿缝隙用防水胶布封住,浸泡在水中



24 h 后(水位线始终要没过容器顶部至少 2 cm),从水中取出,除去封口胶布,让 3 L 线以上水分自由溢出,即为饱和水状态下称重(W3),并将封口用的湿纱布称重(W4);最后用湿纱布包住塑料烧杯后倒置,让烧杯内的水分(重力水)自由沥干,称重(W5)。按以下公式计算各物理指标^[22]:

总孔隙度 = 持水孔隙度 + 通气孔隙度

容重 (g/cm^3) = $(W2-W1)/V$

总孔隙度 (%) = $(W3-W2)/V \times 100$

通气孔隙度 (%) = $(W3-W4)/V \times 100$

持水孔隙 = 总孔隙度 - 通气孔隙度

气水比 = 通气孔隙度 / 持水孔隙度

持水能力 (%) = $(W5-W1-W4)/(W2-W1) \times 100$

1.3.2 基质化学性质测定

pH 和电导率采用饱和浸提法测定,基质全氮、全磷、全钾含量分别采用凯氏定氮法、钼锑抗比色法、火焰光度法测定。有机质含量采用重铬酸钾容量法测定,碱解氮含量采用碱解扩散法测定,有效磷含量采用 NaHCO_3 浸提 - 钼锑抗比色法测定,速效钾含量采用 NH_4OAc 浸提 - 火焰光度法测定^[23]。

1.3.3 基质微生物群落测定

采用稀释平板计数法测定基质中细菌、真菌、放线菌的数量^[24]。各培养基制备方法如下:

细菌培养基的制备:以牛肉膏 3 g/L、蛋白胨 10 g/L、NaCl 5 g/L、琼脂 15 g/L 为原料制作牛肉膏蛋白胨培养基,调节 pH 至 7.0 ~ 7.2。

真菌培养基的制备:以葡萄糖 10 g/L、蛋白胨 5 g/L、 K_2HPO_4 1 g/L、 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.5 g/L、孟加拉红 33.4 mg/L、琼脂 15 g/L、卡那霉素 100 g/L 和少量乙醇溶液加速溶解制作马丁 - 孟加拉红培养基。

放线菌培养基的制备:可溶性淀粉 20 g/L, KNO_3 1 g/L, K_2HPO_4 0.5 g/L, 琼脂 15 g/L, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.5 g。

1.3.4 水稻的生理指标测定

分别于播后 7、15、25 d 对各处理随机选取 10 株水稻苗进行测定,采样直尺测定秧苗的株高和根长,游标卡尺测定秧苗的茎粗。

1.3.5 秧苗根系盘结力和根系活力的测定

水稻秧苗播种 20 d 后取样品测定其水稻根系活力^[25]和根系盘结力,具体测量方法如下:

根系盘结力测定:先从每盘中切取一块边长 10 cm 的正方形秧苗毯,用燕尾夹固定秧苗毯两个

对边,放在水平桌面上,一端先固定住,另一端系上数显弹簧拉力计,然后缓慢钩拉,取 3 个重复结果平均值,作为该基质的根系盘结力。

根系活力测定:采用氯化三苯基四氮唑(TTC)法:称取根样品 0.5 g,放入 10 mL 容量瓶,加入 0.4% TTC 溶液和磷酸缓冲液的等量混合液 10 mL,把根充分浸没在溶液内,在 37℃ 下暗处保温 1 h,此后加入浓度为 1 mol/L 的硫酸 2 mL,以停止反应,把根取出,吸干水分后与乙酸乙酯 3 ~ 4 mL 和少量石英砂一起磨碎,以提出甲胂。把红色提出液移入试管,用少量乙酸乙酯把残渣洗涤 2 ~ 3 次,皆移入试管,最后加乙酸乙酯使总量为 10 mL,用分光光度计在 485 nm 下比色。

1.4 数据分析

采用 Excel 2010 及 SPSS 20.0 进行试验数据统计、处理与分析;采用 Origin 2022 进行作图。

2 结果与分析

2.1 不同原料配比对水稻育秧基质持水性的影响

由图 1 可知,CK 处理退水速率最慢,达到恒重时,其重量为 220.78 g,总退水重量为 14.14 g, T1 处理的退水速率最快,达到恒重时重量为 216.24 g,退水总量为 18.68 g,相比 CK 处理, T1 处理的退水量提高 32.11%。整体而言,各处理之间保水性呈现一定规律,随着生物炭含量增加,退水速率呈递增趋势,保水性呈现递减趋势;退水速率由快到慢排序依次为 $T1 > T2 > T6 > T3 > T4 > T5 > CK$ 。

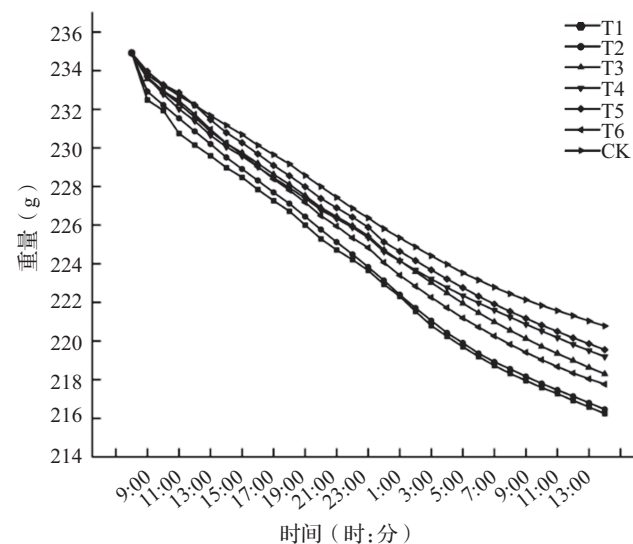


图 1 不同配比水稻育苗基质的退水曲线

2.2 不同原料配比对水稻育秧基质的理化性状分析

2.2.1 不同原料配比对水稻育秧基质的物理性质的影响

由表 3 可知, T1、T2 处理的容重分别为 0.63、

0.60 g/cm³, 显著高于其他处理。CK 处理的容重最小, 为 0.54 g/cm³。整体而言, 各处理容重从大到小依次为 T1 > T2 > T3 > T4 > T5 > T6 = CK, 这表明随着配比中生物炭用量的增加, 基质容重也随之变大。

表 3 不同配比水稻育秧基质的物理性质

处理	容重 (g/cm ³)	总孔隙度 (%)	通气孔隙度 (%)	持水孔隙度 (%)	气水比
T1	0.63 ± 0.01a	58.68 ± 0.80a	13.58 ± 0.09ab	45.10 ± 0.71a	0.30 ± 0.003c
T2	0.60 ± 0.01ab	53.91 ± 0.26b	13.47 ± 0.11ab	40.44 ± 0.36b	0.33 ± 0.005bc
T3	0.59 ± 0.01bc	52.64 ± 0.86bc	14.72 ± 0.13a	37.92 ± 0.85c	0.39 ± 0.009a
T4	0.57 ± 0.01bc	52.36 ± 0.39bc	14.08 ± 0.16ab	38.28 ± 0.51c	0.37 ± 0.009ab
T5	0.56 ± 0.01cd	52.51 ± 1.35bc	12.87 ± 1.20bc	39.64 ± 0.44bc	0.32 ± 0.030c
T6	0.54 ± 0.02d	52.70 ± 1.58bc	12.57 ± 0.25bc	38.80 ± 0.28bc	0.32 ± 0.006c
CK	0.54 ± 0.01d	50.19 ± 0.15c	11.79 ± 0.26c	38.39 ± 0.17c	0.31 ± 0.008c

注: 小写字母不同表示处理间差异显著 ($P < 0.05$)。下同。

对于总孔隙度而言, 随着生物炭所占比例不断增加, 总孔隙度呈逐渐增加的趋势。CK 处理的总孔隙度最小, 为 50.19%, T1 处理的总孔隙度最大, 为 58.68%, 显著高于其他处理。对于通气孔隙度而言, T3 处理最大, 为 14.72%, 分别比 T5、T6 和 CK 处理显著提高 14.37%、17.10%、24.85%。对于持水孔隙度而言, T3 处理最小, 为 37.92%。T3 处理的气水比最大, 为 0.39, 与 T4 处理差异不显著, 但显著高于其他处理。

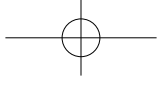
2.2.2 不同原料配比对水稻育秧基质的化学性质的影响

由表 4 可知, T1 处理的电导率值最高, 为 0.89 mS/cm, 显著高于 CK 和 T6 处理, 分别提升 17.11% 和 8.54%, 但与其他处理间差异不显著。对于 pH 而言, 各处理 pH 由大到小排列依次为 T1 > T2 > T4 > T5 = CK > T3 > T6, 其中, T1 处理的 pH 最大,

为 6.82, 显著高于其他处理, T6 处理的 pH 最小, 为 6.51, 这表明随着生物炭用量的增加, 育秧基质的 pH 逐渐趋于中性。CK 处理有效磷含量为 117.53 mg/kg, T1 处理有效磷含量最低, 为 103.86 mg/kg, 较 CK 处理降低了 11.63%, 对于速效钾和有机质含量而言, T1 处理最高, 分别为 50.13% 和 219.67 mg/kg, T6 处理的有机质含量最低, 为 45.24%, 比 T1 处理低 9.75%。T5 处理的速效钾含量最低, 为 197.43 mg/kg, 比 T1 处理低 11.24%。整体而言, 随着生物炭占比的增加, 基质中有机质、速效钾含量呈现出逐步增加趋势, 有效磷含量呈降低趋势。这是由于生物炭中的有机质及速效钾含量较高、有效磷含量较低造成的。对于碱解氮而言, T1 处理最低, 为 1.19 g/kg, T6 处理最高, 为 1.35 g/kg, 分别比 T1、T2 和 CK 处理高 13.45%、10.66% 和 11.57%。

表 4 不同配比水稻育秧基质的化学性质

处理	电导率 (mS/cm)	pH	有机质 (%)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	碱解氮 (g/kg)
T1	0.89 ± 0.03a	6.82 ± 0.03a	50.13 ± 0.36a	103.86 ± 0.62d	219.67 ± 0.79a	1.19 ± 0.02d
T2	0.82 ± 0.03ab	6.74 ± 0.04b	48.75 ± 0.18ab	106.15 ± 0.25cd	213.12 ± 3.45ab	1.22 ± 0.02cd
T3	0.84 ± 0.03ab	6.61 ± 0.03d	47.86 ± 0.30bc	107.56 ± 0.66c	208.50 ± 6.82b	1.27 ± 0.02bc
T4	0.86 ± 0.03ab	6.69 ± 0.06bc	46.41 ± 0.50cd	110.50 ± 0.92b	211.96 ± 6.59ab	1.25 ± 0.03cd
T5	0.83 ± 0.02ab	6.62 ± 0.04cd	45.58 ± 0.97d	112.06 ± 0.68b	197.43 ± 6.29c	1.32 ± 0.02ab
T6	0.82 ± 0.02bc	6.51 ± 0.03e	45.24 ± 0.54d	117.59 ± 0.77a	198.87 ± 5.40c	1.35 ± 0.01a
CK	0.76 ± 0.06c	6.62 ± 0.02cd	47.93 ± 0.61bc	117.53 ± 0.20a	209.43 ± 4.98b	1.21 ± 0.01cd



2.2.3 不同原料配比对水稻育秧基质的相关性分析

由图2可知,基质的容重与其化学性质(pH、有机质、速效钾)呈极显著正相关关系,与有效磷和碱解氮呈极显著负相关关系。基质的总孔隙度与持水孔隙度呈极显著正相关关系。基质的气水比与通气孔隙度呈正相关,与其他性质皆呈负相关关系。

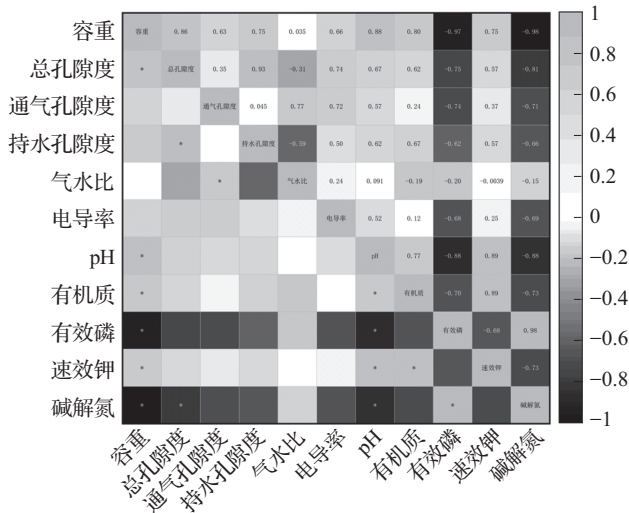


图2 基质理化性质的皮尔逊相关性分析

注: * 表示差异显著 ($P < 0.05$)。

2.3 不同配比水稻育秧基质对水稻生长指标的影响

2.3.1 不同配比水稻育秧基质对水稻株高的影响

由图3可知,不同配比育秧基质对水稻生长情况的影响存在较大差异。在水稻播种后第7 d, T2处理的水稻株高最高,达到6.83 cm,其次是CK、T1和T3处理,分别为6.81、6.04和6.37 cm, T5处理株高最低,为5.64 cm,比T2处理低17.42%。在播种第15 d时, T6处理秧苗株高最小,为10.82 cm, CK处理秧苗最高,为12.97 cm,比T6处理高19.87%。在播种25 d时, CK处理的株高最高,达16.46 cm,其次是T2处理,为16.19 cm。T6处理株高最小,为14.26 cm,比T2处理低11.92%,整体而言,各处理之间株高变化呈现出相似规律,随着生物炭用量增加,株高呈现递增规律。基质中生物炭:双孢菇菌渣用量:蛭石:珍珠岩=2.5:8:1:1时水稻秧苗株高最高,移栽前水稻秧苗株高由高到低依次为CK>T2>T3>T1>T4>T5>T6。

2.3.2 不同配比水稻育秧基质对水稻茎粗的影响

由图4可知,在播种后7 d时, T6处理的茎粗最粗,为0.41 mm,显著高于T1和T3处理,分别

比T1和T3处理高28.89%和16.33%,但与其他处理间差异不显著。播种后15 d时, T2处理的茎粗最高,为11.86 mm,显著高于T1处理。播种后25 d, CK处理的茎粗最大,为1.17 mm,其次为T2处理,茎粗为1.13 mm,分别比T1和T6处理显著提高13.20%和13.65%。整体而言,随着基质中生物炭用量的增加,水稻秧苗的茎粗整体呈现出增加趋势,当基质中生物炭:双孢菇菌渣用量:蛭石:珍珠岩=2.5:8:1:1时水稻秧苗茎粗最粗,但当生物炭用量继续增加时又会限制水稻秧苗的生长。移栽前各处理茎粗的排序为CK>T2>T3>T4>T6>T5>T1。

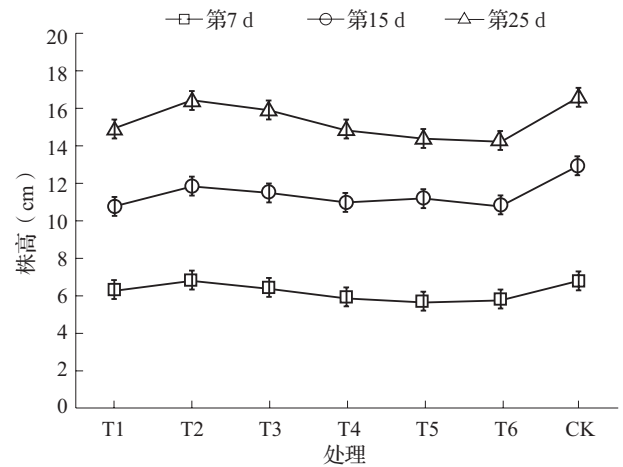


图3 不同配比水稻育苗基质对秧苗株高的影响

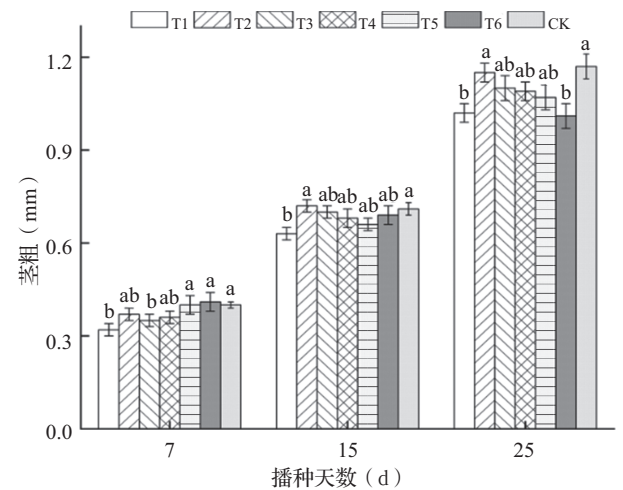


图4 不同配比水稻育苗基质对秧苗茎粗的影响

注:小写字母不同表示处理间差异显著 ($P < 0.05$)。下同。

2.3.3 不同配比水稻育秧基质对水稻根长的影响

由图5可知,水稻在播种后第7 d时, T1处理根长最短,为2.88 cm,显著低于CK处理,CK处

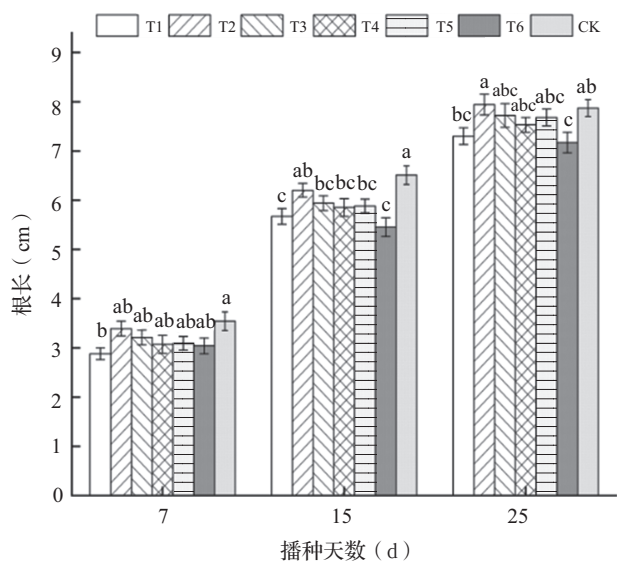


图5 不同配比水稻育苗基质对秧苗根长的影响

理根长最长, 为 3.54 cm, 高于 T1 处理 22.92%, 与 T2、T3、T4、T5 和 T6 处理间差异不显著。在播种后第 15 d 时, CK 处理根长最长, 为 6.51 cm, 与 T2 处理差异不显著, 显著高于其他处理。在播种后第 25 d 时, T6 处理根长最短, 为 7.17 cm, T2 处理的根长最长, 为 7.94 cm, 分别比 T1 和 T6 处理显著提高 8.77% 和 10.74%, 整体而言, 随着基质中生物炭用量的增加, 水稻秧苗的根长整体呈现出增加趋势, 当基质中生物炭: 双孢菇菌渣用量: 蛭石: 珍珠岩 = 2.5: 8: 1: 1 时水稻秧苗根长最长。移栽前各处理根长从大到小依次为 T2 > CK > T3 > T5 > T4 > T1 > T6。

2.3.4 不同配比水稻育秧基质对水稻根系活力和根系盘结力的影响

由图 6 可知, CK 处理根系活力最高, 其次为 T2 处理, 分别为 78.12、75.84 $\mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$, T6 处理根系活力最低, 为 55.64 $\mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$, 较 CK 和 T2 处理分别低 28.78%、26.64%。由图 7 可知, CK 处理根系盘结力最强, 为 3.26 kg, 其次为 T2 处理, 为 3.17 kg, 显著高于其他处理。整体而言, 随着基质中生物炭用量的增加, 水稻的根系活力与根系盘结力呈现先递增后降低的规律, 当基质中生物炭: 双孢菇菌渣用量: 蛭石: 珍珠岩 = 2.5: 8: 1: 1 时水稻秧苗根系活力最高、根系盘结力最强, 根系活力由高到低的排序为 CK > T2 > T3 > T1 > T4 > T5 > T6。根系盘结力由强到弱排序为 CK > T2 > T3 > T4 > T1 > T5 > T6。

2.4 不同配比水稻育秧基质对微生物群落的影响

由表 5 可知, 在水稻秧苗的生长发育过程中,

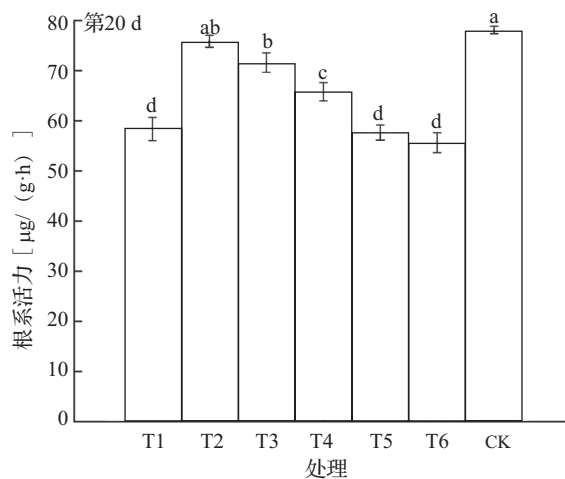


图6 不同配比水稻育秧基质对秧苗根系活力的影响

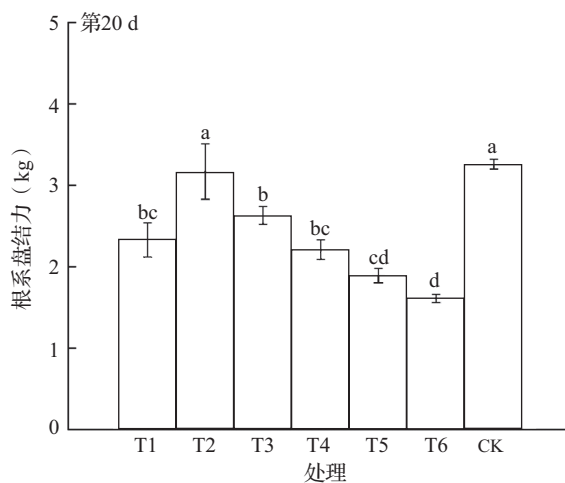


图7 不同配比水稻育秧基质对秧苗根系盘结力的影响

不同配比的基质影响细菌、真菌和放线菌的数量变化。对于细菌而言, 在水稻播种第 7 d 时, T4 处理细菌数量最高, 为 15.57×10^7 CFU/g, 显著高于 T1 处理, 比 T1 处理高 32.96%, 但与其他处理间差异不显著。在水稻播种后的第 15 d 时, T1 处理细菌数量最低, 为 11.57×10^7 CFU/g, T4 处理细菌数量最高, 为 15.14×10^7 CFU/g, 显著高于 T1 处理, 比 T1 处理高 30.86%; 在播种后第 25 d, CK 处理细菌数量最高, 为 15.14×10^7 CFU/g, T1 处理细菌数量最低, 为 11.29×10^7 CFU/g, 比 CK 处理低 25.43%; 整体而言, 基质的细菌含量在第 7、15 和 25 d 都表现出相似规律, 随着生物炭用量的增加, 基质中细菌数量呈现出增加的趋势, 在基质中生物炭: 双孢菇菌渣用量: 蛭石: 珍珠岩 = 1.5: 8: 1: 1 时细菌数量最高, 但当生物炭用量继续增加时, 细菌数量呈现减少的趋势。

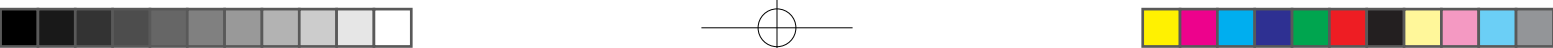


表 5 不同配比水稻育秧基质的微生物数量

种类	处理	播种后天数		
		第 7 d	第 15 d	第 25 d
细菌 ($\times 10^7$ CFU/g)	T1	11.71 $\pm$ 0.75b	11.57 $\pm$ 0.95b	11.29 $\pm$ 0.87b
	T2	14.14 $\pm$ 0.86ab	13.86 $\pm$ 0.96ab	13.71 $\pm$ 0.94a
	T3	14.71 $\pm$ 0.99ab	14.43 $\pm$ 0.53a	14.00 $\pm$ 0.69ab
	T4	15.57 $\pm$ 1.13a	15.14 $\pm$ 1.14a	14.71 $\pm$ 0.68ab
	T5	15.29 $\pm$ 1.04a	14.86 $\pm$ 1.01a	14.57 $\pm$ 1.13ab
	T6	14.86 $\pm$ 1.22ab	14.57 $\pm$ 0.78a	14.14 $\pm$ 0.80ab
	CK	14.43 $\pm$ 1.02ab	14.71 $\pm$ 0.61a	15.14 $\pm$ 1.01ab
真菌 ($\times 10^2$ CFU/g)	T1	38.71 $\pm$ 1.15bc	39.86 $\pm$ 1.08c	43.14 $\pm$ 0.83bc
	T2	39.57 $\pm$ 1.84c	40.57 $\pm$ 1.49bc	42.57 $\pm$ 1.00c
	T3	41.71 $\pm$ 1.15abc	43.14 $\pm$ 1.12abc	45.29 $\pm$ 0.89abc
	T4	42.75 $\pm$ 0.97abc	44.00 $\pm$ 0.95ab	46.29 $\pm$ 1.27ab
	T5	43.43 $\pm$ 1.11a	44.86 $\pm$ 0.67a	48.00 $\pm$ 1.29a
	T6	43.57 $\pm$ 1.02ab	45.14 $\pm$ 0.96a	48.14 $\pm$ 1.01a
	CK	43.29 $\pm$ 1.52a	44.29 $\pm$ 1.70a	47.14 $\pm$ 1.42a
放线菌 ($\times 10^5$ CFU/g)	T1	31.14 $\pm$ 1.42b	30.43 $\pm$ 0.75c	29.86 $\pm$ 1.44a
	T2	29.43 $\pm$ 1.07b	28.57 $\pm$ 0.84bc	28.00 $\pm$ 1.07ab
	T3	28.71 $\pm$ 1.06bc	27.86 $\pm$ 0.70abc	27.29 $\pm$ 0.97ab
	T4	27.14 $\pm$ 1.03bc	26.29 $\pm$ 1.48ab	25.14 $\pm$ 0.96bc
	T5	26.14 $\pm$ 1.10c	25.14 $\pm$ 0.77a	24.86 $\pm$ 0.70bc
	T6	24.14 $\pm$ 1.12bc	23.29 $\pm$ 0.89a	23.29 $\pm$ 1.19c
	CK	16.86 $\pm$ 1.26a	25.57 $\pm$ 1.09a	26.14 $\pm$ 1.28bc

对于真菌而言,在水稻播种第 7 d, T1 处理真菌含量最低,为 38.71×10^2 CFU/g, T6 处理真菌含量最高,为 43.57×10^2 CFU/g, 高于 T1 处理 12.55%; 在水稻播种第 15 d, T1 处理真菌含量最低,为 39.86×10^2 CFU/g, 显著低于 T6 处理,比 T6 处理低 11.70%; 在水稻播种第 25 d, T2 处理真菌含量最低,为 42.57×10^2 CFU/g, 比 T6 处理低 11.57%; 整体而言, T1 ~ T6 处理基质的真菌含量在第 7、15 和 25 d 都表现出相似规律,随着生物炭用量的增加,基质中真菌数量呈现出递减趋势,在基质中生物炭:双孢菇菌渣:蛭石:珍珠岩=0.5:8:1:1 时真菌数量最高。

对于放线菌而言,在水稻播种第 7 d, T1 处理的放线菌含量最高,显著高于 CK 处理,为 31.14×10^5 CFU/g, CK 处理放线菌含量最低,为 16.86×10^5 CFU/g, 低于 T1 处理 45.86%; 在水稻播种第 15 和 25 d 可以看出, T1 处理放线菌含量最高,显著高于 T6 处理,分别为 30.43×10^5 和

29.86×10^5 CFU/g, T6 处理放线菌含量最低,为 23.29×10^5 和 23.29×10^5 CFU/g, 分别低于 T1 处理 23.46% 和 22.00%; 整体而言,基质放线菌含量在第 7、15 和 25 d 都表现出相似规律,随着生物炭用量的增加,基质中放线菌数量呈现出增加趋势,在基质中生物炭:双孢菇菌渣:蛭石:珍珠岩=3.0:8:1:1 时放线菌数量最高。

3 讨论

3.1 不同配比基质对基质理化性质的影响

水稻植株生长发育情况取决于基质中养分含量、通气性、保水性等因素^[26]。生物炭具有丰富的官能团及较强的吸附性,可有效提高土壤 pH、质地及保水能力^[27-28]。柳霖等^[29]以废弃菌渣与河泥、肥料等按照比例制成基质,结果表明基质具有更强的保水性。刘小月等^[30]利用生物炭与有机肥配施,发现配施生物炭可以显著提高土体中的贮水量。本试验中, T6 处理基质的保水性能、退水速率优于其他处理。这是由于双孢菇菌渣中含有丰富的有机物质,如纤维素、蛋白质、碳水化合物等^[31]。加入双孢菇菌渣可以增加基质的有机质含量,从而提高基质的保水性,与此同时,生物炭具有多孔性和稳定性,孔隙度适中,能够提高基质的保水性^[32-33]。

容重和孔隙度是衡量基质气液固 3 项比例是否合适的较为简单的指标^[34]。由于育苗基质自身内部的相互作用,各理化性质之间往往存在一定的相关性^[35],本试验中,生物炭替代草炭后,随着生物炭添加量的增加,基质的容重增大,通气孔隙度、总孔隙度(表 3)、有机质、有效磷、速效钾含量升高(表 4),这与 Fornes^[36]的研究结果相似,这是由于生物炭具有疏松多孔的结构,可以增强基质对水分和养分的吸持能力^[37-38];然而,碱解氮随着生物炭添加量的增加而减少,这是由于生物炭具有过高的碳氮比^[39],致使基质中铵态氮和硝态氮被转化成微生物生物量氮等形式固定下来^[40],从而减少碱解氮的含量。这与魏岚等^[41]的研究结果一致。

3.2 不同配比基质对秧苗素质的影响

株高、茎粗、根长是最能直观反映水稻植株生长及发育状况的重要评价因素^[42]。本试验中, T2 处理生物炭替代草炭后,促进秧苗的综合素质效果最佳。随着生物炭添加量的增加,水稻秧苗株高、

茎粗以及根长呈现递增趋势,这与 Zhang 等^[43]对水稻的研究结果相似,这是由于生物炭替代草炭以后,改善基质的孔隙状况,并提高基质的速效养分含量(表4),同时提高水稻根系对水分和养分的吸收能力,从而改善水稻秧苗的综合素质^[44]。然而,生物炭添加比例较高(25%)时可能导致大量的可溶性盐基离子进入栽培基质中,影响其渗透势,进而限制植物根系对水分和养分的吸收^[45],这也是 T1 处理水稻秧苗株高、茎粗、根长降低的主要原因。

根系盘结力、根系活力的强弱影响水稻秧苗在移栽过程中是否能更好地保持原有的根系结构,减少移栽损伤^[46]。本试验中,T2 处理生物炭替代草炭后,促进根系盘结力的效果最佳,随着生物炭添加量的增加,水稻的根系盘结力呈现先增加后下降的规律,这是由于随着生物炭含量的增加,基质的气水比减小,造成氧气通道减少,根系向根际土壤泌氧的能力减弱,影响根系的扩展^[47]。此外,生物炭对养分离子有一定的吸附和控释作用,从而影响根系对肥料养分的吸收利用^[48],进而影响水稻秧苗根系活力与根系盘结力。

3.3 不同配比基质对微生物数量的影响

微生物群落结构和多样性在植物生长和氮循环中起到积极的作用^[49-50]。本试验中,生物炭替代草炭配制基质,一方面改善了基质的孔隙状况(表3),增强基质保水保肥能力^[51],促进根系生长;另一方面生物炭改善了基质的微生物环境,能吸附无机阴离子和营养阳离子,为微生物间接提供养分^[52],使得基质中微生物活性增强,有利于基质养分转化及有效养分的增加^[53],从而促进水稻对养分的吸收;生物炭的多孔结构能够改善土壤特性,间接影响土壤微生物^[54]。本试验中,放线菌数量随着生物炭施用量的增加而增加(表5),这与徐广平等^[55]探究香蕉施用生物炭对放线菌的数量增加的研究结果相同。这是由于放线菌在碱性环境下生长良好,生物炭能够增加土壤团聚体,提高基质中 pH 值^[56],为放线菌提供良好的生存环境。然而,过量施用生物炭会降低真菌和细菌的数量^[57],这是由于,一方面生物质热解生成生物炭并不是完全燃烧的过程,会生成挥发性有机物(VOCs)、多环芳烃和环境持久性自由基等^[58]。这些物质对微生物活性起到抑制作用;另一方面,过量施用生物炭会引起基质中氮的生物固定,影响水稻生长。

4 结论

双孢菇菌渣的基质化利用是必要且可行的,通过添加生物炭改变双孢菇菌渣基质化利用时的理化性质,可以有效地促进水稻秧苗的生长、提高秧苗综合素质。

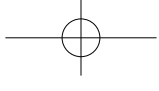
(1) 通过添加生物炭的方法可以有效改变双孢菇菌渣的理化性质,各处理之间进行对比,T2 处理(生物炭:双孢菇菌渣:蛭石:珍珠岩=2.5:8:1:1)效果最佳,在物理性质方面,改善基质的理化性质,总孔隙度、通气孔隙度、持水孔隙度、气水比显著升高,显著优于其他处理;在化学性质方面,增加碱解氮和有机质含量效果最佳,基质 pH 呈中性,在电导率值方面符合育秧条件。

(2) 在水稻育秧生产中,用生物炭替代草炭配制基质应用于生产试验能够促进水稻秧苗的生长。T2 处理(生物炭:双孢菇菌渣:蛭石:珍珠岩=2.5:8:1:1)可以显著提升水稻的株高、茎粗与根长,相比较其他处理,水稻植株的生长情况最佳。

(3) 生物炭主要通过调控基质的孔隙状况、提高养分循环和有效养分含量改善水稻的生长环境,为微生物的栖息生活提供良好的微环境。综合来看,T2 处理(双孢菇菌渣:生物炭:蛭石:珍珠岩=2.5:8:1:1)育苗效果最好,将双孢菇菌渣添加生物炭改性配制水稻育苗基质是可行的,既可以培育壮苗,又有助于促进农业废弃物资源化利用。

参考文献:

- [1] 刘斌,韩亚男,袁旭峰,等. 木耳菌糠的5种前处理对水稻育苗基质性质及秧苗生长的影响[J]. 中国农业科学, 2016, 49(16): 3098-3107.
- [2] 丁伟,张添一,李靖,等. 以秸秆沼渣为主料的水稻育苗基质配方研究[J]. 农业与技术, 2024, 44(3): 71-74.
- [3] 辛琳琳. 不同育苗基质对水稻秧苗素质及产量的影响[J]. 中国农技推广, 2023, 39(1): 37-38.
- [4] Huang J, Liu J, Chen J, et al. Combustion behaviors of spent mushroom substrate using TG-MS and TG-FTIR: Thermal conversion, kinetic, thermodynamic and emission analyses[J]. Bioresource Technology, 2018, 266: 389-397.
- [5] Wei Y, Jin Z, Zhang M, et al. Impact of spent mushroom substrate on Cd immobilization and soil property. [J]. Environmental Science and Pollution Research International, 2020, 27(3): 3007-3022.
- [6] Zang H, Liu W, Cheng Y, et al. Bioremediation of historically chlorimuron-ethyl-contaminated soil by co-culture chlorimuron-ethyl-degrading bacteria combined with the spent mushroom



- substrate [J]. *Microorganisms*, 2020, 8 (3): 369.
- [7] 胡英强, 徐逸寒. 菇渣用于生产水稻育苗基质的研制及其推广应用 [J]. *南方农业*, 2018, 12 (27): 3-4.
- [8] Wei Y, Wang J, Chang R, et al. Composting with biochar or woody peat addition reduces phosphorus bioavailability [J]. *Science of the Total Environment*, 2021, 764: 142841.
- [9] 田红刚, 付永明, 刘永巍, 等. 木耳菌糠做水稻育秧基质研究初探 [J]. *农业与技术*, 2020, 40 (9): 32-34.
- [10] 张楠, 孙彬, 于洪久, 等. 以双孢菇菌渣为基质对水稻秧苗生长发育的影响 [J]. *安徽农业科学*, 2018, 46 (2): 30-32.
- [11] 葛桂民, 李建欣, 崔杏春. 双孢菇菌渣基质的制备及其栽培黄瓜的效果比较 [J]. *北方园艺*, 2021 (14): 55-59.
- [12] 陈菲, 梁芳芳, 李胜利, 等. 菇渣复配基质对番茄育苗品质的影响 [J]. *北方园艺*, 2021 (24): 38-44.
- [13] 赵立琴, 范博文, 杨凤军, 等. 双孢菇菌渣堆肥基质对番茄育苗效果的影响 [J]. *北方园艺*, 2023 (21): 15-22.
- [14] Rajavat A S, Rai S, Pandiyan K, et al. Sustainable use of the spent mushroom substrate of *Pleurotus florida* for production of lignocellulolytic enzymes [J]. *Journal of Basic Microbiology*, 2020 (2): 173-184.
- [15] 赵振, 曲娟娟, 许修宏, 等. 双孢蘑菇菌糠对小白菜生长及根际土壤的影响 [J]. *中国土壤与肥料*, 2009 (6): 74-78.
- [16] 陈雯雯, 申卫收, 韩成, 等. 施用不同配比菇渣、熟牛粪对酸性土壤质量和花生产量的影响 [J]. *中国土壤与肥料*, 2014 (1): 69-74.
- [17] 马超然, 张绪超, 王朋, 等. 生物炭理化性质对其反应活性的影响 [J]. *环境化学*, 2019, 38 (11): 2425-2434.
- [18] 张瑞杰, 杨光, 叶东明, 等. 不同制备条件对蒙古栎人工林地表可燃物生物炭理化性质的影响 [J]. *东北林业大学学报*, 2023, 51 (12): 89-96.
- [19] 房彬, 李心清, 赵斌, 等. 生物炭对旱作农田土壤理化性质及作物产量的影响 [J]. *生态环境学报*, 2014, 23 (8): 1292-1297.
- [20] Rosa M B, Antonio L, Fornes F. Biochars and hydrochars as substrate constituents for soilless growth of myrtle and mastic [J]. *Industrial Crops and Products*, 2016, 94: 132-142.
- [21] 顾美英, 刘洪亮, 李志强, 等. 新疆连作棉田施用生物炭对土壤养分及微生物群落多样性的影响 [J]. *中国农业科学*, 2014, 47 (20): 4128-4138.
- [22] 蒲胜海, 冯广平, 李磐, 等. 无土栽培基质理化性状测定方法及其应用研究 [J]. *新疆农业科学*, 2012, 49 (2): 267-272.
- [23] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [24] 林先贵. 土壤微生物研究原理与方法 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2010.
- [25] 林咸永, 倪吾钟. 植物营养学实验指导 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2016.
- [26] 于兰芳, 马敬民, 曹春红, 等. 基于平菇菌渣的番茄育苗基质研究 [J]. *南方农业*, 2024, 18 (8): 32-34.
- [27] Lin Q, Tan X, Almatrafi E, et al. Effects of biochar-based materials on the bioavailability of soil organic pollutants and their biological impacts [J]. *Science of the Total Environment*, 2022, 826: 153956.
- [28] Yi S, Chang N Y, Imhoff P T. Predicting water retention of biochar-amended soil from independent measurements of biochar and soil properties [J]. *Advances in Water Resources*, 2020, 142: 103638.
- [29] 柳霖, 曹铁华, 刘家宏, 等. 基于木耳菌渣的水稻育苗基质筛选研究 [J]. *乡村科技*, 2020, 11 (32): 108-110.
- [30] 刘小月, 高日平, 韩云飞, 等. 生物炭配施有机肥对阴山北麓旱作燕麦生长及水分利用的影响 [J]. *中国土壤与肥料*, 2023 (3): 46-54.
- [31] 孟祥海, 王佰成, 张星哲, 等. 不同处理方式食用菌菌渣微生物多样性鉴定及其环境因子关联分析 [J]. *中国土壤与肥料*, 2023 (4): 200-209.
- [32] Thao T, Arora B, Ghezzehei T A. Impact of biochar amendments on soil water and plant uptake dynamics under different crop systems [J]. *Vadose Zone Journal*, 2023, 22 (5): e20266.
- [33] 吴立东, 刘亚婷, 林淑婷, 等. 生物炭与化肥配施对辣椒产量、品质及肥料利用率的影响 [J]. *中国土壤与肥料*, 2023 (8): 144-151.
- [34] 裴海林, 张蕾蕾, 袁存亮, 等. 不同配比水稻育苗基质的理化性能分析与配比优化研究 [J]. *种子科技*, 2022, 40 (7): 5-8.
- [35] 孙睿. 基质对水稻生长发育和产量及品质性状的影响 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2020.
- [36] Fornes F M B R. Use of raw and acidified biochars as constituents of growth media for forest seedling production [J]. *New Forests*, 2019, 50 (6): 1063-1086.
- [37] Han L K Y X. Biochar's stability and effect on the content, composition and turnover of soil organic carbon [J]. *Geoderma: An International Journal of Soil Science*, 2020, 364: 114184.
- [38] 姜丽娜, 索琳娜, 梁丽娜, 等. 生物炭基肥基施对大白菜产量、品质、养分吸收及土壤性质影响研究 [J]. *中国土壤与肥料*, 2023 (7): 23-31.
- [39] 余海燕, 月培茜, 贾永霞, 等. 生物炭替代草炭对生菜生长和营养品质的影响 [J]. *农业资源与环境学报*, 2024, 41 (1): 147-154.
- [40] Luo S, Wang S, Tian L, et al. Long-term biochar application influences soil microbial community and its potential roles in semiarid farmland [J]. *Applied Soil Ecology*, 2017, 117-118: 10-15.
- [41] 魏岚, 黄连喜, 李翔, 等. 生物炭基质可显著地促进香蕉幼苗生长 [J]. *生态环境学报*, 2022, 31 (4): 732-739.
- [42] 刘铮, 刘欣宇, 李思怡, 等. 鸡粪堆肥替代泥炭用于配制水稻育苗基质的研究 [J]. *园艺与种苗*, 2023, 43 (5): 78-81.
- [43] Zhang S, Wang L, Gao J, et al. Effect of biochar on biochemical properties of saline soil and growth of rice [J]. *Heliyon*, 2024, 10 (1): e23859.
- [44] Ruan R, Wang Y. Effects of biochar amendment on root growth and plant water status depend on maize genotypes [J].

- Agricultural Water Management, 2024, 293: 108688.
- [45] 卜晓莉, 姬慧娟, 马青林, 等. 生物炭-泥炭复合基质对马缨杜鹃生长和生理的影响[J]. 植物资源与环境学报, 2021, 30(5): 58-68.
- [46] 张昊楠. 低温下晒对水稻种子萌发及根系活力的影响[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2022
- [47] 李睿, 李跃东, 董立强, 等. 置床处理对水稻秧苗素质及秧盘附土量的影响[J]. 辽宁农业科学, 2021(6): 8-12.
- [48] 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.
- [49] Zhang Y, Zhang Y, Xu W, et al. Possible effects of temperature on bacterial communities in the rhizosphere of rice under different climatic regions[J]. Archives of Microbiology, 2022, 204(4): 212.
- [50] 应利平, 刘玲, 张明科. 基质拌菌育苗对土壤微生物特性和番茄生长发育的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2022(12): 74-81.
- [51] Yang W, Zhang L. Biochar and cow manure organic fertilizer amendments improve the quality of composted green waste as a growth medium for the ornamental plant *Centaurea Cyanus* L. [J]. Environmental Science and Pollution Research, 2022(30): 29.
- [52] Chen Z, Xiao X, Chen B, et al. Quantification of chemical states, dissociation constants and contents of oxygen-containing groups on the surface of biochars produced at different temperatures [J]. Environmental Science & Technology, 2015, 49(1): 309-317.
- [53] 张瑞花, 兰超杰, 刘雯, 等. 生物炭对反季节露地樱桃番茄生长及产量品质的影响[J]. 分子植物育种, 2019, 17(14): 4831-4839.
- [54] 白艳, 苏小粉, 顾欣, 等. 生物炭影响耕地土壤微生物的研究进展[J]. 环境科学, 2025, 46(4): 2600-2610.
- [55] 徐广平, 滕秋梅, 沈育伊, 等. 香蕉茎叶生物炭对香蕉枯萎病防控效果及土壤性状的影响[J]. 生态环境学报, 2020, 29(12): 2373-2384.
- [56] Nguyen T T N, Wallace H M, Xu C Y, et al. The effects of short term, long term and reapplication of biochar on soil bacteria [J]. Science of the Total Environment, 2018, 636: 142-151.
- [57] Guo F, Wang C, Wang S, et al. The native SOC increase in woodland and lawn soil amended with biochar surpassed greenhouse — A seven-year field trial [J]. The Science of the Total Environment, 2024(10): 907.
- [58] 李增波, 王聪颖, 蒋新, 等. 生物质炭中多环芳烃的潜在环境风险研究进展[J]. 土壤学报, 2016, 53(6): 1357-1370.

Preparation of carbon-based bisporus residue matrix and its effect on rice seedling cultivation

SONG Meng-lin^{1, 2}, ZHANG Qin-juan^{1, 2}, WANG Ling^{1, 2}, CHEN Song-ling^{1, 2*}, WANG Jian-fei^{1, 2}, XING Su-zhi^{1, 2*}
(1. College of Resources and Environment, Anhui University of Science and Technology, Fengyang Anhui 233100;
2. Anhui Provincial Engineering Research Center for Agricultural Waste Utilization and Soil Quality Improvement, Bengbu Anhui 233400)

Abstract: To find out the reasonable ratio of rice seedling substrate prepared by *Agaricus bisporus* residue, which provides a scientific basis for the resource utilization of mushroom residue. Six kinds of rice seedling substrates were prepared according to different proportions using *Agaricus bisporus* residue, biochar, vermiculite and perlite as raw materials, and the effects of different raw material ratios on the physical and chemical properties of the substrates, the quality of rice seedlings and the number of microbial communities were explored. The results showed that with the increase of biochar content, the water withdrawal rate of the prepared substrate showed an increasing trend, and the ventilation porosity, water-holding porosity ratio and gas-water ratio of T2 treatment (biochar : *agaricus bisporus* residue : vermiculite : perlite = 2.5 : 8 : 1 : 1) were increased by 14.25%, 5.34% and 6.45%, respectively, compared with that of CK treatment (commercially available peat-containing matrix). With the increase of biochar content in the raw material ratio, the contents of organic matter and available potassium in the matrix showed an increasing trend, and the contents of organic matter and available potassium in T2 treatment were increased by 1.71% and 1.76%, respectively, compared with CK treatment, while the content of available phosphorus showed a decreasing trend. In terms of seedling quality, stem diameter, plant height and root length of T2 treatment increased by 13.65%, 13.53% and 10.74%, respectively, compared with T6 treatment (biochar : *agaricus bisporus* residue : vermiculite : perlite = 0.5 : 8 : 1 : 1), but there was no significant difference between T2 and CK treatments, and the root vigour and root binding ability of T2 treatment increased by 36.30% and 96.89%, respectively, compared with T6 treatment. In addition, with the increase of biochar content, the content of bacteria and fungi in the substrate showed a decreasing trend, and the content of actinomycetes showed an increasing trend, compared with CK treatment, the content actinomycetes in T2 treatment increased by 7.12%, and the content of bacteria and fungi were decreased by 9.69% and 9.46%. On the whole, when the volume ratio of biochar : *agaricus bisporus* residue : vermiculite : perlite was 2.5 : 8 : 1 : 1, the prepared rice seedling raising substrate had the best effect.

Key words: substrate; rice; biochar; *bisporus* residue