

酒糟等农业废弃物的堆肥化及水稻育秧基质研发^①

张林利, 吴大霞, 刘 晔, 刘晓丹, 袁尚鹏, 姜 瑛*, 汪 强

(河南农业大学资源与环境学院, 郑州 450002)

摘要: 本试验旨在以农业有机废弃物酒糟为主要原料, 制成高效水稻育秧基质。首先, 以酒糟配合小麦秸秆、菇渣进行发酵腐熟试验, 得到腐熟基质原料。然后, 以蛭石、珍珠岩为辅料制成不同配比的基质进行水稻育秧试验, 筛选高效水稻育秧基质。结果表明, 通过堆肥发酵得到的腐熟堆肥, 可作为水稻育秧基质的原料, 以(酒糟+秸秆)堆肥 60% + 蛭石 30% + 珍珠岩 10%(T6)处理的综合效果最好, 其在水稻幼苗的株高, 全氮、磷、钾含量, 根系活力等方面显著优于市售商品基质(T8)处理, 分别比 T8 处理增加 13.94%、12.68%、24.62%、5.77%、15.78%, 是较理想的水稻育秧基质。

关键词: 酒糟; 农业有机废弃物; 堆肥发酵; 水稻育秧基质

中图分类号: S141.5

文献标识码: A

水稻在我国种植范围广泛^[1], 稻谷总产量约占粮食总产量的 40%^[2-3]。我国水稻栽培的主要方式是育秧移栽, 其主要优点有作业集中、节省用种、增加复种指数^[4]等。随着水稻种植面积的增加, 对育秧土的需求也随之增加, 由于技术、资金等的影响, 人们通过挖取肥力高、生产性能好的本田土壤作为生产育秧的基质, 造成耕作层土壤的大量流失, 不利于水稻生产的可持续发展^[5]。基于此, 研究成本低、高效环保的无土育秧基质成为农业生产可持续发展的必需。

我国是农业大国, 农业有机废弃物资源丰富, 其不合理处置如焚烧、闲置, 不仅造成资源浪费, 而且还带来了严重的环境污染^[6]。农业废弃物经过堆肥腐熟后, 养分含量高, 保水保肥性能好, 可作为育秧基质^[7-8]。现今使用的水稻育秧基质主要包括以下两种: 一种是以本田土、肥料及生长调节剂等混合而成的基质, 另一种是以其他资源经过不同的处理如堆肥发酵加工而成的基质。传统基质的营养成分单一, 配制过程繁琐; 新型基质的可取之处有容重轻、原材料廉价易得、养分配比适宜、理化性质适宜等^[9]。但目前对水稻育秧基质的开发利用还存有一些问题。如使用某些质地较轻的材料经过一系列处理加工后保水性得到了提高, 但渗水性却仍较差; 用草木灰育秧, 育出的秧苗偏弱; 用蛭石、珍珠岩等矿物质作为水稻育秧基质, 普遍存在盘根性差, 取秧苗时易断裂, 上插秧

机时易散架等问题。

我国酒糟产量大、生产时间集中, 且富含多种营养元素^[10]。在前人的研究中, 农业废弃物酒糟被广泛地用于生产饲料、有机肥、培养食用菌等^[11-12], 但其对酒糟的利用率低, 且未经加工的酒糟酸度较高、适口性差, 故不能直接用于饲料^[13]。现已有相关研究将酒糟作为基质材料的一部分用于育秧试验中^[14], 如浩折霞等人^[15]将酒糟与牛粪配合进行不同配比的育秧基质研究, 探究适宜西瓜、番茄等果蔬生长的育秧基质配比; 康惊涛等人^[16]将粉煤灰、酒糟、污泥等进行混合配比, 制成不同配比的育秧基质进行育秧, 结果表明其可以满足棉花、苜蓿等的生长。

本试验利用农业废弃物酒糟为主要原料, 配合小麦秸秆、菇渣进行单独及混合堆肥试验, 探究堆肥发酵过程中堆体各指标的变化规律并得到腐熟的堆肥。堆肥腐熟完成后, 配合蛭石、珍珠岩等材料制成不同配比水稻育秧基质, 进行育秧试验, 从而筛选出适合水稻育秧的最适基质配比, 旨在为我国农业废弃物的高效利用、环境友好型育秧基质的研制进行初步探索。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验的主要材料有鲜酒糟(取自河南新乡龙泉酒业)、小麦秸秆(取自河南省农科院实验田, 已经过堆

基金项目: 国家重点研发计划项目(SQ2017ZY060063-05)和河南省科技攻关计划(国际科技合作)项目(162102410031)资助。

* 通讯作者(JY27486@163.com)

作者简介: 张林利(1989—), 女, 河南省滑县人, 硕士研究生, 主要从事农业资源利用研究。E-mail: zll2365@163.com

肥处理)、菇渣(取自河南荥阳蘑菇种植基地,已经过堆肥处理)、粉碎蛭石、珍珠岩、某品牌市售水稻育秧基质、水稻(由广西恒茂农业科技有限公司提供的两优 1 号)。主要原料的部分理化性质见表 1。

表 1 试验材料及其主要理化性质
Table 1 Main physiochemical properties of tested materials

指标	酒糟	秸秆	菇渣
pH	3.71	7.27	7.40
电导率(mS/cm)	5.80	5.58	2.10
全氮(g/kg)	32.04	5.63	10.07
全磷(g/kg)	2.63	1.93	5.16
全钾(g/kg)	1.91	11.8	6.67
有机碳(g/kg)	463.31	501.16	286.24
C/N	14.46	88.98	28.41

1.2 试验方法

1)有机堆肥试验。试验设置酒糟、酒糟+秸秆、酒糟+菇渣 3 个处理,秸秆、菇渣为调理剂,分别添加于酒糟中混合堆肥,且根据堆料含水率及 C/N 的要求添加调理剂^[17]。充分混匀后酒糟、酒糟+秸秆、酒糟+菇渣处理的含水率分别为 66%、67.3%、66.2%,C/N 分别为 14.11、28.06、25.37。将各处理物料混匀后堆成圆垛式结构,采用人工堆积自然通风的方式堆肥。每 3 天人工翻堆 1 次,翻拌均匀后采用四分法取样,取出约 500 g 装入无菌袋带回实验室。堆置期间每天下午 3:00 测定堆体温度(翻堆前),同时记录环境温度。待堆体腐熟后进行第二阶段的试验。

2)水稻基质育秧试验。试验设计如表 2 所示。试验过程中,稻种在室内晾晒 2~3 d 后以 20% 盐水选种,去除秕子及杂物,清水洗去种子表面的盐分。水浸催芽,定期换水。待种子吸水膨胀出芽 2 mm 时,摊晾,播种。其中各个配方均以 1.5% 的硫酸水溶液调节至 pH 5.0 左右^[18]。每个处理重复 3 次,按常规生产方式装盘育秧。各处理随机摆放,保持生长环境一致,生长至第 22 天采样。

表 2 不同基质配比处理
Table 2 Formulae of different substrates

处理编号	处理设置
T1	酒糟堆肥 100%
T2	秸秆堆肥 100%
T3	菇渣堆肥 100%
T4	酒糟堆肥 40%+秸秆堆肥 20%+蛭石 30%+珍珠岩 10%
T5	酒糟堆肥 40%+菇渣堆肥 20%+蛭石 30%+珍珠岩 10%
T6	(酒糟+秸秆)堆肥 60%+蛭石 30%+珍珠岩 10%
T7	(酒糟+菇渣)堆肥 60%+蛭石 30%+珍珠岩 10%
T8	市售商品基质

1.3 测定项目与方法

堆肥试验阶段:测定指标包括温度、pH、电导率(EC)、全氮、全磷、全钾、有机质、含水率、发芽指数(GI);水稻基质育秧试验阶段:基质测定指标包括 pH、EC、容重、全氮、全磷、全钾;植株测定指标包括株高、茎粗、地上部干重、根干重、氮、磷、钾、根系活力。

测定方法参照《土壤农化分析》^[19]和《无土栽培基质理化性状测定方法及其应用研究》^[20]。

1.4 数据处理

采用 SPSS 20.0、Excel 2010 和 OriginPro 8.5 进行方差分析和制图。各处理间差异采用 LSD 法进行多重比较,各指标间相关性采用 Pearson 法进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 有机堆肥试验结果

2.1.1 不同堆肥处理的温度、pH、EC、含水率随发酵时间的变化 由图 1 可知,在整个堆肥过程中,各处理堆体的温度变化趋势基本一致,呈先升高后下降,最终趋于平稳的趋势。从堆肥第 2 天开始 3 个处理即开始升温,其中酒糟+菇渣处理升温最快在第 3 天即达到 50℃,在第 8 天达到最高值(70℃);酒糟处理在堆肥后第 4 天温度达到 54℃,在第 9 天达到最高值(67℃);酒糟+秸秆处理在第 6 天达到 50℃,在第 11 天达到最高值(70℃)。

酒糟、酒糟+秸秆、酒糟+菇渣 3 个处理的 pH 整体上均呈增加的趋势,堆肥结束时的 pH 比初始时分别提高了 79.2%、16.6%、12.5%。其中,酒糟处理在整个发酵过程中 pH 一直上升,且在堆肥结束时的增加幅度最大;而酒糟+秸秆、酒糟+菇渣两个处理在堆肥初始阶段即第 0~6 天时,pH 略有下降。在堆肥后期,3 个处理的 pH 均维持在 6.6~6.7。堆肥结束时,3 个处理的 EC 值在 4.4~5.6 mS/cm,均有所升高。

在整个堆肥过程中,3 个处理的水分含量均呈逐渐下降的趋势,其中水分的损失主要发生在第 0~18 天,而后期的水分损失较少。酒糟、酒糟+秸秆、酒糟+菇渣 3 个处理的最初含水率分别为 66.0%、67.3%、66.2%,堆肥结束时,含水量维持在 37.4%~43.5%。在整个堆肥过程中,3 个处理的水分散失量分别为 37.4%(酒糟处理)、43.5%(酒糟+秸秆处理)和 40.2%(酒糟+菇渣处理)。

2.1.2 不同堆肥处理的各养分含量及 GI 随发酵时间的变化 由图 2 可知,3 个处理在堆肥过程中全氮

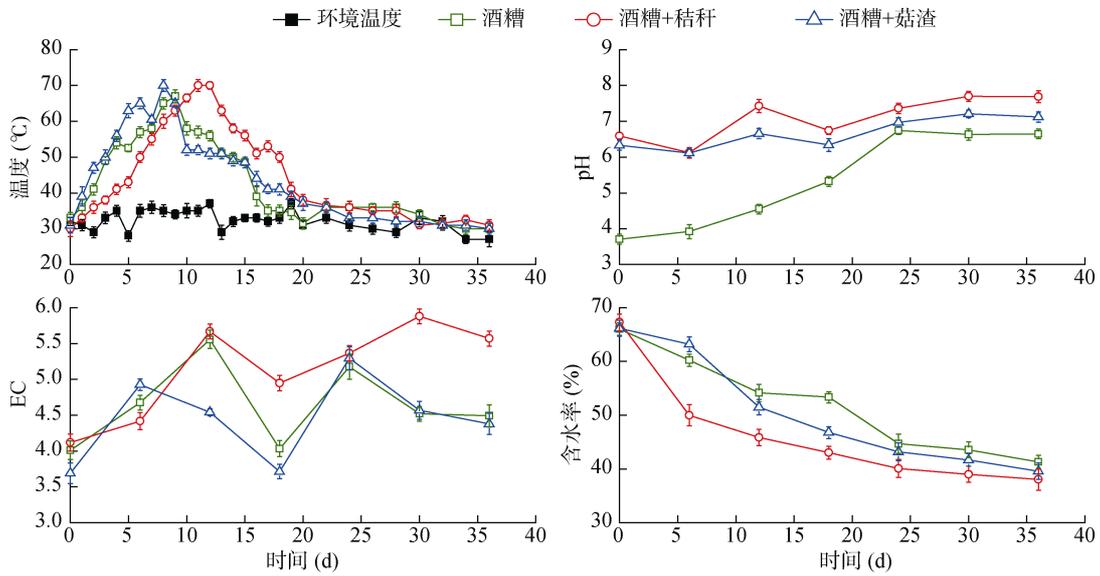


图 1 不同堆肥处理在腐熟过程中温度、pH、EC、含水率随发酵时间的变化

Fig. 1 Changes of temperatures, pHs, ECs, and water contents of different composting treatments with fermentation time

含量的变化总体呈先升高后降低再升高最后趋于平稳的趋势；全磷含量的变化总体呈先升高后降低再升高最后趋于平稳的趋势；全钾含量在第 0~18 天缓慢增加，在第 18~24 天时剧增，之后趋于平缓。至堆肥结束，酒糟处理全氮含量为 32.2 g/kg，与初期相比下降 2.6%；酒糟+秸秆处理全氮含量为 34.5 g/kg，提升 35.0%；酒糟+菇渣处理全氮含量为 35.5 g/kg，提升

15.0%。酒糟、酒糟+秸秆、酒糟+菇渣处理的全磷含量分别比堆肥初期升高 130.6%、112.0%、73.6%，全钾含量分别比堆肥初期升高 475.8%、296.8%、486.3%。

各处理堆肥的有机质含量基本呈直线下降趋势，至堆肥结束时，酒糟、酒糟+秸秆、酒糟+菇渣处理的有机质含量较初期分别下降 41.7%、41.0%、24.2%，酒糟+菇渣处理的降幅最小。各处理的 C/N 值均随堆

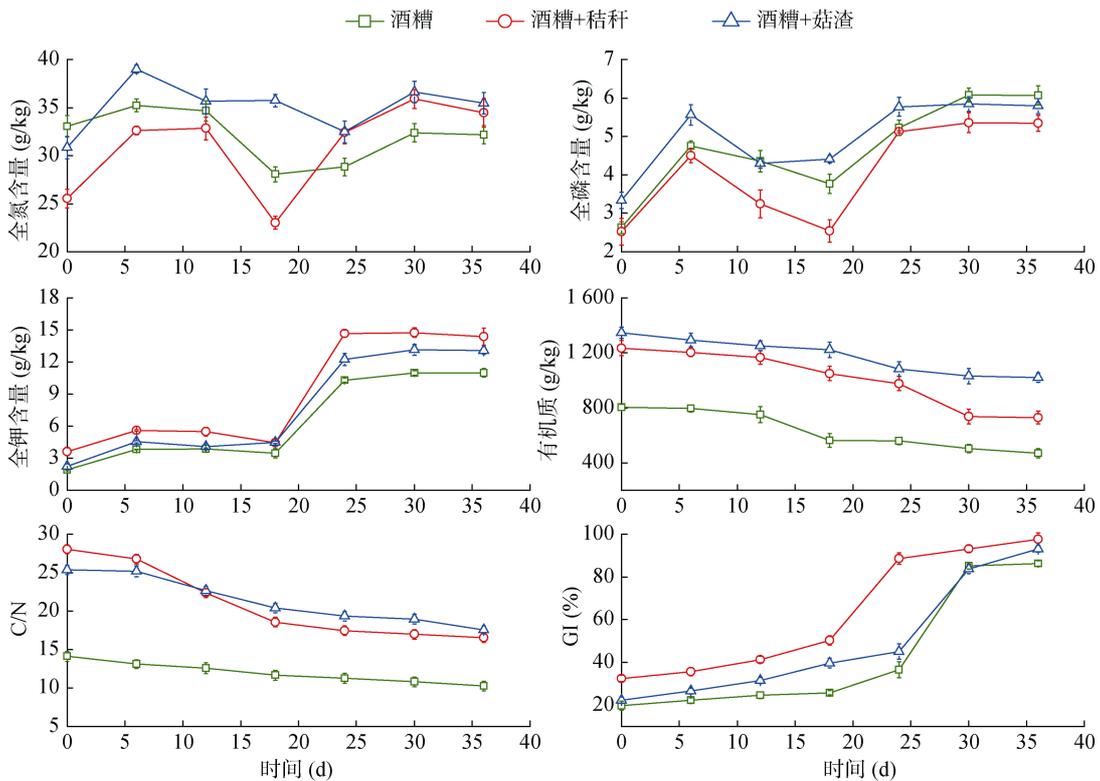


图 2 不同堆肥处理在腐熟过程中堆体的各养分含量及 GI 随发酵时间的变化

Fig. 2 Changes of nutrient contents and GIs of different composting treatments with fermentation time

置时间的延续呈下降趋势。本试验堆肥结束时,酒糟、酒糟+秸秆、酒糟+菇渣处理的 GI 分别为 86.3%、97.7%、93.2%。

2.2 水稻育秧基质试验结果

2.2.1 不同配比水稻基质理化性状 由表 3 可知, T1、T2、T3 三个处理的 EC 值均在 4 mS/cm 以上、容重均在 0.6 g/cm³ 以上, T4、T5、T6、T7、T8 五个处理的 EC 值均在 2.6 mS/cm 以下、容重在 0.338 ~ 0.459 g/cm³, 显著低于 T1、T2、T3 处理。T6 处理的容重为 0.459 g/cm³, 与其他处理的差异显著。T6 处理全氮、磷、钾含量显著高于其他 7 个处理, 分别比 T8 处理增加 25.6%、11.9%、24.7%; T2、T4 和 T6 都是添加秸秆的处理, 与相应添加菇渣的处理 T3、

T5 和 T7 相比, 全钾含量显著上升。

2.2.2 不同配比基质对水稻幼苗农艺性状及养分含量的影响 由表 4 可知, T6 处理在水稻幼苗的株高、氮含量、磷含量、钾含量、根系活力等方面显著优于其他处理。以水稻幼苗株高来看, T6 处理最高, 比 T8 处理增加 13.94%; T6 处理氮、磷、钾含量分别高出 T8 处理 12.68%、24.62%、5.77%; 与基质中磷含量相比, 水稻幼苗中磷含量较低, 主要是因为磷在基质中易被固定, 导致磷的利用效率不高。

T6 处理在水稻茎粗、地上部干重、根干重方面虽然未显著优于 T8 处理, 但仍然是最优处理, 分别比 T8 处理高出 2.17%、10.61%、7.16%。

表 3 不同配比水稻基质理化性状
Table 3 Physicochemical properties of different rice seedling substrates

处理	EC(mS/cm)	容重(g/cm ³)	全氮(g/kg)	全磷(g/kg)	全钾(g/kg)
T1	4.85 ± 0.156 c	0.602 ± 0.017 a	12.20 ± 0.11 d	21.60 ± 0.81 ef	8.98 ± 0.03 d
T2	5.25 ± 0.073 b	0.613 ± 0.018 a	7.07 ± 0.69 f	17.74 ± 1.61 f	7.83 ± 0.31 d
T3	5.76 ± 0.089 a	0.618 ± 0.007 a	11.70 ± 0.33 d	23.40 ± 1.72 e	4.41 ± 0.17 e
T4	1.97 ± 0.081 e	0.427 ± 0.004 c	20.09 ± 1.12 c	35.67 ± 2.14 c	15.84 ± 1.27 b
T5	1.96 ± 0.076 e	0.338 ± 0.014 d	8.78 ± 0.87 e	30.93 ± 2.40 d	2.23 ± 0.20 f
T6	2.28 ± 0.121 d	0.459 ± 0.004 b	33.57 ± 1.32 a	42.95 ± 4.40 b	17.77 ± 0.69 a
T7	2.11 ± 0.078 de	0.358 ± 0.039 d	8.92 ± 0.87 e	49.11 ± 4.29 a	16.16 ± 1.15 b
T8	1.67 ± 0.097 f	0.425 ± 0.010 c	26.72 ± 1.04 b	38.39 ± 0.83 c	14.25 ± 0.43 c

注: 同列数据后不同小写字母表示不同处理间差异在 $P < 0.05$ 水平上显著, 下同。

表 4 不同配比基质水稻幼苗农艺性状及养分含量
Table 4 Agronomic characters and nutrient contents of rice seedlings treated with different substrates

处理	株高 (cm)	茎粗 (mm)	地上部干重 (g/百株)	根干重 (g/百株)	氮含量 (g/kg)	磷含量 (g/kg)	钾含量 (g/kg)	根系活力 (mg/(g·h))
T1	14.82 ± 0.85 de	2.67 ± 0.12 ab	1.05 ± 0.17 d	0.57 ± 0.049 c	29.83 ± 1.13 cd	8.46 ± 0.48 c	76.16 ± 0.90 cd	33.77 ± 1.70 f
T2	14.61 ± 0.51 e	2.40 ± 0.20 b	1.29 ± 0.07 bc	0.58 ± 0.038 c	32.91 ± 1.59 b	5.66 ± 0.18 d	82.58 ± 2.46 b	53.48 ± 0.82 d
T3	17.23 ± 1.61 bcd	2.80 ± 0.40 ab	1.26 ± 0.10 c	0.57 ± 0.044 c	35.64 ± 1.74 a	6.31 ± 0.36 d	72.13 ± 2.33 e	39.25 ± 0.71 e
T4	18.54 ± 1.46 ab	2.73 ± 0.12 ab	1.43 ± 0.09 ab	0.69 ± 0.052 b	29.50 ± 0.38 cd	9.24 ± 0.44 b	74.29 ± 1.31 de	65.97 ± 1.50 c
T5	15.67 ± 1.70 cde	2.40 ± 0.53 b	1.42 ± 0.04 abc	0.68 ± 0.038 b	30.18 ± 1.38 cd	8.87 ± 0.40 bc	78.20 ± 1.14 c	52.55 ± 1.55 d
T6	20.27 ± 1.46 a	3.13 ± 0.12 a	1.55 ± 0.06 a	0.83 ± 0.058 a	35.52 ± 1.01 a	11.69 ± 0.35 a	87.15 ± 1.98 a	109.95 ± 0.32 a
T7	16.41 ± 0.83 bcde	3.00 ± 0.10 a	1.46 ± 0.07 ab	0.72 ± 0.051 b	28.28 ± 0.65 d	11.08 ± 0.66 a	71.89 ± 1.39 e	93.10 ± 0.62 b
T8	17.79 ± 1.61 bc	3.07 ± 0.23 a	1.40 ± 0.03 abc	0.78 ± 0.051 ab	31.52 ± 1.30 bc	9.38 ± 0.12 b	82.39 ± 0.95 b	94.97 ± 0.68 b

2.2.3 基质特性与水稻生长指标的关系 由表 5 可知, 基质 EC 与基质容重呈极显著正相关, 与基质全磷、全钾含量呈极显著负相关, 与基质全氮含量呈显著负相关; 基质容重与基质全磷含量呈极显著负相关; 基质全氮、磷、钾含量之间均呈显著或极显著正相关。由此说明, 基质 EC 在一定程度上反映了基质的养分供应能力。

植株的株高与基质全氮含量、全钾含量、植株地上部干重、根干重、根系活力均呈极显著正相关, 与

基质全磷含量、植株茎粗均呈显著正相关; 植株茎粗、地上部干重、根干重、磷含量、根系活力均与基质 EC、容重、全氮含量、全磷含量、全钾含量呈显著或极显著相关; 植株的茎粗与植株磷含量呈显著正相关、与根系活力呈极显著正相关; 植株地上部干重、根干重均与植株磷含量、根系活力呈极显著正相关。由此可说明植株生长的好坏与基质的理化性质和养分含量密切相关, 同时植株的部分农艺性状之间也密切相关。

表 5 水稻幼苗生长指标与基质理化性质的相关性
Table 5 Pearson coefficients between growth indexes of rice seedling and physiochemical properties of substrates

基质 EC	基质容重	基质全氮	基质全磷	基质全钾	株高	茎粗	地上部干重	根干重	植株氮	植株磷	植株钾	根系活力	
基质 EC	1												
基质容重	0.928**	1											
基质全氮	-0.480*	-0.195	1										
基质全磷	-0.809**	-0.785**	0.485*	1									
基质全钾	-0.541**	-0.323	0.659**	0.718**	1								
株高	-0.426*	-0.276	0.750**	0.492*	0.556**	1							
茎粗	-0.304	-0.193	0.546**	0.560**	0.583**	0.495*	1						
地上部干重	-0.677**	-0.648**	0.438*	0.672**	0.452*	0.551**	0.359	1					
根干重	-0.781**	-0.637**	0.724**	0.753**	0.623**	0.593**	0.345	0.642**	1				
植株氮	-0.401	0.467*	0.348	-0.229	-0.132	0.330	0.135	0.046	-0.021	1			
植株磷	-0.787**	-0.707**	0.572**	0.886**	0.714**	0.498*	0.512*	0.595**	0.744**	-0.262	1		
植株钾	-0.185	0.011	0.580**	0.022	0.230	0.287	0.081	0.277	0.426*	0.463*	0.164	1	
根系活力	-0.718**	-0.573**	0.695**	0.843**	0.800**	0.595**	0.585**	0.741**	0.858**	0.052	0.772**	0.461*	1

注：*表示在 $P < 0.05$ 水平相关性显著；**表示在 $P < 0.01$ 水平相关性极显著。

3 讨论

堆肥在高温发酵时可杀死大多数病原菌和寄生虫，且农业废弃物经过堆肥腐熟后，性状适宜，养分释放充分，可作为有机肥料、土壤调节剂或优良的基质^[21-22]，因此被认为是一种农业废弃物资源化、无害化、减量化的有效手段。

本试验以农业废弃物酒糟为主要原料，并配合小麦秸秆、菇渣进行堆肥发酵，监测其腐熟过程中堆体温度、养分含量、理化性质等指标的变化。堆肥过程中堆体温度的变化反映了堆体内微生物活动的变化，是堆肥进程的宏观反映^[23]。根据我国堆肥卫生标准^[24]，堆体温度高于 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，并且保持 $5\sim 7\text{ d}$ 以上，可使堆肥达到无害化。本试验在堆肥结束时，3 个处理的温度在 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上的持续时间均超过 7 d ，说明所有处理均已达到堆肥无害化标准。堆肥过程中堆体 pH、EC、氮、磷、钾、有机质、C/N、含水率等各指标在 30 d 之后均趋于平稳，在堆肥结束时，氮、磷、钾含量均有所升高，3 个处理的 pH 均维持在 $6.6\sim 6.7$ ，EC 值在 $4.4\sim 5.6\text{ mS/cm}$ ，达到了有机肥腐熟时的要求 ($\text{pH } 5.5\sim 8.0$ 、 $\text{EC } 9\text{ mS/cm}$)^[25]。本试验各处理的 C/N 值均随堆置时间的延续呈下降趋势。卢秉林等^[26]以 $T=(\text{终点 C/N})/(\text{初始 C/N})$ 评价腐熟度，并认为 T 值应介于 $0.53\sim 0.72$ 或 $0.49\sim 0.59$ 。本试验在堆肥结束时，酒糟、酒糟+秸秆、酒糟+菇渣处理的 T 值分别为 0.73 、 0.59 、 0.69 ，符合堆肥腐熟要求。本试验 GI 分别为 86.3% 、 97.7% 、 93.2% ，刘双^[27]的研究表

明，当 GI 达到 $80\%\sim 85\%$ 时，即可以认为堆肥没有植物毒性或堆肥已腐熟。综合分析以上各指标，其均在堆肥第 $30\sim 36$ 天时趋于平稳，结合堆肥无害化处理相关标准，可证明本堆肥试验在第 36 天结束时已完成堆肥腐熟，可用于下一步试验。

植物生长需要良好的水、肥、气、热等条件，在温度和水分条件相同的情况下，影响植物生长的是基质的理化性质及养分含量等^[28-29]。浩折霞等^[15]研究表明，当物料 EC 值小于 2.6 mS/cm 时，对种子发芽没有抑制作用，可作为育秧基质。容重是基质的基本物理性质，直接影响基质蓄水和通气性，并间接影响土壤肥力和植物生长状况。根据仲海洲^[30]的研究可知，一般情况下，基质的容重在 $0.1\sim 0.8\text{ g/cm}^3$ ，植物生长效果最好。但由于水稻育秧时的播种密度较大，所以对基质容重的要求略高，其研究结果表明，水稻育秧基质的容重在 $0.23\sim 0.41\text{ g/cm}^3$ 效果较好。在本试验中，T4、T5、T6、T7、T8 五个处理的 EC 值均小于 2.6 mS/cm ，容重在 $0.338\sim 0.459\text{ g/cm}^3$ ，更适宜作为水稻育秧基质。由于水稻的特殊生理生化特性，水稻秧苗喜好偏酸的环境^[31]，研究认为基质 pH 以 $4.5\sim 5.5$ 最适宜水稻发芽、出苗及幼苗生长。故本试验在初始时即将各个基质的 pH 调至 5.0 左右，保证了水稻幼苗的出苗。基质中养分含量的大小，反映了基质的供肥能力和强度，是培育健壮秧苗的保障。本试验 T6 处理基质全氮、磷、钾含量显著高于其他处理，分别比 T8 处理高 25.6% 、 11.9% 、 24.7% ，与 EC 值规律相一致。在全氮、磷、钾含量方面，T6 处理高

于 T4 处理, T7 处理高于 T5 处理, 差异达到显著水平, 说明不同原料混合堆肥发酵更有利于养分的释放。这与卢秉林等^[32]的研究结果相一致, 其研究表明, 猪粪和小麦秸秆配比能明显加速物质分解, 抑制氨气挥发, 从而减少氮素损失。

秧苗素质的好坏直接关系到水稻产量的形成和品质的优劣^[33]。株高反映的是植物的外部形态变化, 它的提高能够很好地反映出植株具有较好的长势。茎粗的增加有利于茎维管束的发育, 为保障水稻穗数和形成大穗提供了必要的秧苗基础。本试验研究中, T6 处理在水稻幼苗的株高、茎粗方面为最优处理。张云江^[34]的研究表明, 良好的基质有利于秧苗株高、茎粗的增加。植株中的氮、磷、钾含量则反映出秧苗的营养状况。本试验研究中, T6 处理在水稻幼苗的氮、磷、钾含量等方面显著优于其他处理, 周劲松等^[35]的研究表明, 植株中氮、磷、钾含量的高低与秧苗素质密切相关, 说明 T6 处理的秧苗素质更好。根系活力是指根系新陈代谢的活动能力, 是反映根系吸收功能的重要指标。根系活力越大, 根系代谢、吸收矿物营养和水分的能力越强, 更有利于形成健壮的秧苗^[36]。T6 处理在根系活力方面为最优处理, 且显著高于其他 7 个处理。

由柴小媛^[37]的研究结果可知, 添加蛭石和珍珠岩, 可以提高基质的饱和含水量, 从而促进水稻幼苗的良好生长。在本试验中 T4、T5、T6、T7 处理与 T1、T2、T3 处理相比, 在基质理化性质和秧苗素质方面优势明显, 从而说明添加了适宜比例的蛭石和珍珠岩更有利于水稻秧苗的生长。胡雨彤等^[38]的研究也有类似结果, 其研究表明, 无机、有机基质按照一定比例混合而成的育秧基质, 弥补单一基质的缺陷, 其在容重、养分含量等方面更加适合水稻生长发育的需求。

秧苗素质的差异是不同育秧基质理化性状综合作用的结果。T6 处理优于 T4 处理, T7 处理优于 T5 处理, T6 处理为最优处理。说明不同原料混合堆肥发酵的理化性质较单一原料发酵更适宜于用作水稻育秧基质, 这与基质理化性质的结果相一致。曾清华等^[39]的研究表明, 小麦秸秆用作甜辣椒育秧基质可培育出健壮的秧苗, 而菇渣^[40]由于在种植菌菇时已消耗部分营养物质, 故秸秆较菇渣更适宜于用作水稻育秧基质。

通过 Pearson 相关性分析可知, 植株的秧苗素质与基质理化性质呈极显著相关。由此可说明植株生长的好坏与基质的理化性质和养分含量密切相关, 同

时植株的部分农艺性状之间也密切相关, 这与赵婷婷等^[41]的研究结果相一致, 其研究表明, 秧苗素质各指标之间相关性显著。

4 结论

本试验以农业废弃物酒糟为主要原料, 配合小麦秸秆、菇渣进行堆肥发酵, 在堆肥至第 30~36 天时, 各指标均趋于平稳, 结合堆肥无害化相关标准, 可证明本堆肥试验在第 36 天结束时已完成堆肥腐熟, 可用于下一步试验。

将腐熟好的产物配合珍珠岩、蛭石, 制成不同配比的水稻育秧基质, 以 T6 处理即(酒糟+秸秆)堆肥 60%+蛭石 30%+珍珠岩 10%, 对水稻幼苗的株高、茎粗、地上部干重、根干重和氮、磷、钾含量及根系活力的综合效果最佳, 且整体优于市售水稻育秧基质, 可作为水稻育秧基质使用。

参考文献:

- [1] 关强, 蒲瑶瑶, 张欣, 等. 长期施肥对水稻根系有机酸分泌和土壤有机碳组分的影响[J]. 土壤, 2018, 50(1): 115-121
- [2] Chen Q G. Research on economic impact of super rice on rice growers and contribution to food security [J]. Agricultural Science & Technology, 2015, 16(11): 2581-2588
- [3] 包丽君, 贾仲君. 模拟干湿交替对水稻土古菌群落结构的影响[J]. 土壤学报, 2017, 54(1): 191-203
- [4] 李蕊. 利用农业废弃物堆肥生产水稻育秧基质的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2013
- [5] 宋昌梅. LED 光源在水稻育苗和组培培养中的应用[D]. 南京: 南京农业大学, 2012
- [6] 王倩倩, 尧水红, 张斌, 等. 秸秆配施氮肥还田对水稻土酶活性的影响[J]. 土壤, 2017, 49(1): 19-26
- [7] 任兰天, 刘庆, 梅艳艳, 等. 小麦秸秆漂浮育苗基质对烟苗生长的影响[J]. 中国烟草科学, 2017, 38(3): 29-36
- [8] 杨雪慧, 汤丽娟, 章蓉, 等. 农作物秸秆表面改性处理的研究进展[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2013, 37(3): 157-159
- [9] 高继平, 隋阳辉, 霍轶琼, 等. 生物炭用作水稻育苗基质的研究进展[J]. 作物杂志, 2014(2): 16-21
- [10] 魏来. 发酵白酒糟工艺优化及其对育肥猪生长性能的影响[D]. 武汉: 武汉轻工大学, 2015
- [11] 孙全平, 邱凌, 李自林, 等. 酒糟与猪粪混合厌氧发酵产沼气的研究[J]. 西北农业学报, 2013, 22(3): 199-204.
- [12] 喻夜兰, 刘强, 荣湘民, 等. 酒糟型生物有机肥初始降解条件对氮素损失的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(1): 725-731
- [13] 陈光吉. 发酵酒糟、日粮 NDF 和能量水平对舍饲育肥牦牛生产性能、瘤胃发酵和胴体品质的影响[D]. 成都: 西南民族大学, 2016

- [14] Bustamante M A, Paredes C, Moral R, et al. Composts from distillery wastes as peat substitutes for transplant production[J]. *Resources Conservation & Recycling*, 2008, 52(5): 792-799
- [15] 浩折霞, 黄大鹏, 顾少华, 等. 酒糟-牛粪堆肥复配瓜果类蔬菜育苗基质配方筛选[J]. *南京农业大学学报*, 2017, 40(3): 457-463
- [16] 康惊涛, 冯永军, 李芬, 等. 有机无机废渣的资源化利用研究[J]. *山东农业大学学报*, 2004, 35(1): 51-54
- [17] 胡伟桐, 余雅琳, 李喆, 等. 不同调理剂对生物沥浸污泥堆肥氮素损失的影响[J]. *农业环境科学学报*, 2015, 34(12): 2379-2385
- [18] 邵文奇. 农作物秸秆草木灰制作水稻育苗基质的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2014
- [19] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 1981: 263-274
- [20] 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
- [21] 解开治, 徐培智, 张发宝, 等. 鸡粪好氧堆肥过程中氨氧化古菌群落结构的动态变化[J]. *植物营养与肥料学报*, 2012, 18(6): 1483-1491
- [22] 王桂珍, 李兆君, 张树清, 等. 碳氮比对鸡粪堆肥中土霉素降解和堆肥参数的影响[J]. *中国农业科学*, 2013, 46(7): 1399-1407
- [23] 柴晓利, 张华, 赵由才. 固体废物堆肥原理与技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 83-84
- [24] 中华人民共和国卫生部. 粪便无害化卫生标准(GB 7959-1987)[S]. 北京: 中国标准出版社, 1988
- [25] 李洋, 席北斗, 赵越, 等. 不同物料堆肥腐熟度评价指标的变化特性[J]. *环境科学研究*, 2014, 27(6): 623-627
- [26] 卢秉林, 王文丽, 李娟, 等. 小麦秸秆添加量对羊粪高温堆肥腐熟进程的影响[J]. *中国农业大学学报*, 2010, 15(2): 30-34
- [27] 刘双. 不同育秧基质在水稻育苗中应用效果研究[D]. 吉林延吉: 延边大学, 2015
- [28] 邓亮. 育秧基质对水稻工厂化盘育秧秧苗素质的影响[D]. 湖北荆州: 长江大学, 2016
- [29] 刘超杰, 郭世荣, 束胜, 等. 醋糟基质粉碎程度对辣椒幼苗生长和光合能力的影响[J]. *农业工程学报*, 2010, 26(1): 330-334
- [30] 仲海洲. 利用废弃生物质开发水稻育苗基质及其应用效果研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2013
- [31] 宋鹏慧, 方玉凤, 王晓燕, 等. 不同有机物料育秧基质对水稻秧苗生长及养分积累的影响[J]. *中国土壤与肥料*, 2015(2): 98-102
- [32] 卢秉林, 王文丽, 李娟, 等. 添加小麦秸秆对猪粪高温堆肥腐熟进程的影响[J]. *环境工程学报*, 2010, 4(4): 926-930
- [33] 郭士伟, 夏士健, 朱虹霞, 等. 水稻根系活力测定方法及超级稻两优培九生育后期根系活力研究[J]. *土壤*, 2012, 44(2): 308-311
- [34] 张云江. 不同育苗基质对水稻秧苗素质的影响[J]. *中国稻米*, 2014, 20(2): 98-99, 102
- [35] 周劲松, 闫平, 张伟明, 等. 生物炭对水稻苗期生长、养分吸收及土壤矿质元素含量的影响[J]. *生态学杂志*, 2016, 35(11): 2952-2959
- [36] 李应洪, 王海月, 吕腾飞, 等. 不同秧龄下机插方式与密度对杂交稻光合生产及产量的影响[J]. *中国水稻科学*, 2017, 31(3): 265-277
- [37] 柴小媛. 利用农业废弃物作为育苗基质及其性质改良[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2015
- [38] 胡雨彤, 时连辉, 刘登民, 等. 不同比例珍珠岩对污泥堆肥理化性状与孔雀草生长的影响[J]. *应用生态学报*, 2014, 25(7): 1949-1954
- [39] 曾清华, 孙锦, 郭世荣, 等. 小麦秸秆混配基质对甜椒幼苗生长和光合参数的影响[J]. *中国土壤与肥料*, 2012(1): 89-94
- [40] 宋鹏慧. 不同物料育秧基质对水稻秧苗生长及养分积累的影响[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2015
- [41] 赵婷婷, 姜玉伟, 郑桂萍, 等. 不同基质组合对水稻秧苗素质及理论产量品质的影响[J]. *四川农业大学学报*, 2017, 35(2): 151-158

Preparation of Rice Seedling Substrates by Composting Agricultural Waste Such as Lees

ZHANG Linli , WU Daxia, LIU Ye, LIU Xiaodan, YUAN Shangpeng, JIANG Ying^{*}, WANG Qiang
(College of Resources and Environment, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: The purpose of this experiment is to prepare the efficient rice seedling substrate with agricultural organic waste of lees as the main raw material. First, wheat straws and mushroom residues were fermented and decomposed completely into substrate material, then vermiculite and perlite were added as the ingredients to produce various formula substrates for rice seedling experiment in order to screen the optimal one. The results showed that the above raw materials could be used to prepare rice seedling substrates. The formula of 60% compost (lees + wheat straws) + 30% vermiculite + 10% perlite (Treatment T6) had a best comprehensive effect, the plant height, contents of nitrogen, phosphorus and potassium as well as root activity of T6 treatment were 13.94%, 12.68%, 24.62%, 5.77% and 15.78% higher than those of the commercial rice seedling substrate (Treatment T8), respectively. The above results provide theoretical bases for the resource utilization of lees and other agricultural wastes and for the development of environment-friendly seedling substrates.

Key words: Lees; Agricultural organic waste; Composting; Rice seedling substrate