

doi: 10.11838/sfsc.1673-6257.19227

# 稻秸与猪粪静态好氧共堆肥的最佳配比

范嘉妍, 王 帅, 姜 岩, 董振宇, 严 婷, 王 楠\*

(吉林农业科技学院农学院, 吉林 吉林 132101)

**摘要:** 为揭示稻秸与猪粪静态好氧共堆肥的最佳配比, 采用室内培养法, 以腐殖质组成为评价依据, 对稻秸与猪粪按照 7 种质量比 [10:0(Rs), 9:1(Rp1), 7:3(Rp2), 5:5(Rp3), 3:7(Rp4), 1:9(Rp5) 和 0:10(Pm)] 混合后, 于不同时间对物料进行水溶性物质、可提取腐植酸、胡敏酸、胡敏素碳含量 ( $C_{WSS}$ 、 $C_{HE}$ 、 $C_{HA}$ 、 $C_{Hu}$ ) 以及胡敏酸碱溶液  $E_4/E_6$ 、腐殖化系数 ( $C_{HA}/C_{FA}$ ) 的动态分析。结果表明: (1) 与稻秸相比, 猪粪中有更高含量的  $C_{WSS}$  和  $C_{HA}$ , 而  $C_{Hu}$  含量较低; (2) 与 0 d 相比, 90 d 堆肥结束时, 各处理  $C_{WSS}$  和  $C_{Hu}$  含量均有不同程度降低, 其中, Rp1 处理对  $C_{WSS}$  的消耗程度最大, Rp3 处理对  $C_{Hu}$  的分解作用最强; (3) 在供试处理中, 仅有 Rp1 处理在堆肥结束时能使  $C_{HE}$  增加 13.1%, 其余处理  $C_{HE}$  均表现为消耗; (4) Rp5 处理在堆肥结束时能够促进 HA 分子的缩合, 相反, 其他处理 HA 分子的芳构化程度均有所下降。随堆肥进行, 各处理 HA 均表现为先降解、再缩合的规律, 稻秸占堆肥总质量  $\geq 30\%$ , 经堆肥后有利于腐殖质品质的提升, 而猪粪占堆肥总质量  $\geq 90\%$ , 则堆肥后腐殖质品质会有所下降。

**关键词:** 稻秸; 猪粪; 共堆肥; 配比; 腐殖质组成

近年来, 随着种植业与养殖业的迅速发展, 产量过剩的畜禽粪便与秸秆已成为农牧业良性发展的环境问题。两类农业废弃物处置不当既造成了严重的资源浪费, 又加速了温室气体的产生和病原体的扩散<sup>[1]</sup>。堆肥能够使畜禽粪便、秸秆等农业废弃物无害化、减量化和资源化, 消除多种微生物病菌及其他有害物质对土壤环境的污染, 是当前资源化利用农业废弃物的最佳途径之一。

畜禽粪便有着氮素含量高、C/N 低、有机质丰富且易被微生物分解的特点, 是秸秆堆肥的优质能量调理剂<sup>[2]</sup>。作物秸秆在畜禽粪便堆肥中既可作为高碳源物质来均衡堆肥的 C/N, 又具有调节堆肥孔隙度和含水率的作用<sup>[3]</sup>, 基于二者性状互补的特点, 对于两类废弃物共堆肥的研究较多。王亚飞等<sup>[4]</sup>以畜禽粪便为主料、玉米秸秆为辅料进行堆肥研究, 结果表明畜禽粪便在共堆肥中具有提升微生物数量, 提高微生物代谢强度及堆肥物质转化效率的作用。于子旋等<sup>[5]</sup>研究指出, 牛粪和猪粪在

堆肥过程中脂肪族、多糖类物质减少, 相应芳香碳结构增强, 腐殖化程度有所增加。黄红丽等<sup>[6]</sup>以猪粪和秸秆为堆肥原料, 指出伴随堆肥的进行, 腐殖化程度会相应提高。王玉军等<sup>[7]</sup>以鸡粪和玉米秸秆为堆腐原料, 研究了堆肥过程中腐殖物质的变化规律, 指出堆肥过程有机碳、水溶性物质会渐趋下降, 腐殖化程度会有所增加。Qian 等<sup>[8]</sup>分别以猪粪-稻草与牛粪-稻草为原料进行堆腐试验, 结果表明猪粪-稻草共堆腐的腐熟指标要优于牛粪-稻草, 更易促进堆肥腐熟。Wang 等<sup>[9]</sup>以猪粪和锯末为基料, 研究了添加生物炭对堆肥品质的影响, 指出添加生物炭可促进腐植酸的合成, 同时有利于腐殖化进程。综上所述, 多数报道集中于堆肥腐殖化程度及分子结构特征的评价, 缺乏腐殖质各组分及特点的研究。本研究拟采用室内培养法, 以稻草、猪粪为基础物料, 设置不同质量比, 以腐殖质组成为评价依据, 为两者共堆肥配方的研制提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

稻秸取自吉林农业科技学院北大地水稻试验田, 猪粪由某公司提供, 稻秸、猪粪中有机碳、N、 $P_2O_5$ 、 $K_2O$  含量、pH 值分别为 50.5%、0.14%、3.54%、1.72%、6.77 和 43.4%、3.0%、4.8%、2.1%、6.11。微

收稿日期: 2019-05-25; 录用日期: 2019-06-22

基金项目: 国家大学生科技创新创业训练计划项目 (201911439016); 国家重点研发计划项目 (2018 YFD0300207-1)。

作者简介: 范嘉妍 (1997-), 女, 吉林德惠人, 农学学士, 从事植物科学与技术研究。E-mail: 1153656796@qq.com。

通讯作者: 王楠, E-mail: wangnan664806@126.com。

生物腐熟剂购于公司, 粉剂, 有效活菌数  $\geq 5.0$  亿 /g, 称取 30 g 微生物腐熟剂于 1 000 mL 锥形瓶中, 加入 300 mL 无菌水, 在 28℃ 气浴振荡器中摇瓶培养 24 h, 4 000 r/min 离心 10 min, 收集上清液, 得到接种所需的菌悬液。

### 1.2 试验设计

采取室内培养法, 将稻秸与猪粪分别晾晒风干、粉碎过 0.10 mm 筛, 按照表 1 所列配比均匀混合。物料总质量为 50 g, 装入 100 mL 三角瓶, 用  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  溶液调节物料适宜的含水量 (60%) 和 C/N (25:1), 随后均匀接种 20 mL 菌悬液, 启动好氧堆肥。每个处理、每个时间点下均设置 3 次重复, 期间按照 0、15、30、60 和 90 d 动态取样, 在鼓风干燥箱中 45℃ 风干至恒质量, 备用。

表 1 稻秸与猪粪共堆肥的质量比及对应的处理

处理	稻秸与猪粪质量比
Rs	10:0
Rp1	9:1
Rp2	7:3
Rp3	5:5
Rp4	3:7
Rp5	1:9
Pm	0:10

### 1.3 测试项目与方法

采用腐殖质组成修改法<sup>[10]</sup> 进行分析, 步骤如下: 称取过 0.10 mm 筛的腐解物料 1.00 g 于 50 mL 聚乙烯离心管中, 加入 30 mL 蒸馏水搅拌均匀, 在 70℃ 恒温水浴振荡器上提取 1 h, 4 000 r/min 离心 10 min, 将上清液过滤于 50 mL 容量瓶中, 在带有

残渣的离心管中继续加水 20 mL 搅拌均匀, 离心并将此次上清液与前次合并、用蒸馏水定容, 此溶液即为水溶性物质 (WSS)。按照上述方法, 将蒸馏水改为 0.1 mol/L NaOH 和 0.1 mol/L  $\text{Na}_2\text{P}_2\text{O}_7$  的混合液对残渣进行二次提取, 此次收集的溶液即为可提取腐植酸 (HE)。离心管中残渣用蒸馏水多次洗涤, 直至洗液近中性, 将其转入 55℃ 鼓风干燥箱烘干至恒重, 该沉淀物质即为胡敏素 (Hu)。

吸取 HE 溶液 30 mL, 用 0.5 mol/L  $\text{H}_2\text{SO}_4$  将其 pH 值调至 1.0 ~ 1.5, 置于 70℃ 水浴锅中保温 1.5 h、静置过夜, 次日将溶液过滤于 50 mL 容量瓶、定容, 此溶液即为富里酸 (FA)。滤纸上残渣先用稀酸洗涤、再用温热的 0.05 mol/L NaOH 将其溶解于 50 mL 容量瓶中, 用蒸馏水定容, 即为胡敏酸 (HA)。WSS、HE、HA 和 Hu 组分的有机碳含量 ( $C_{\text{WSS}}$ 、 $C_{\text{HE}}$ 、 $C_{\text{HA}}$  和  $C_{\text{Hu}}$ ) 均采用外加热-重铬酸钾氧化法测定, 富里酸 (FA) 碳含量  $C_{\text{FA}}$  采用差减法计算, 即  $C_{\text{FA}} = C_{\text{HE}} - C_{\text{HA}}$ 。采用北京普析通用有限公司生产的 TU-1810 型紫外可见分光光度计对 HA 碱溶液的吸光值 ( $\text{OD}_{465}$  和  $\text{OD}_{665}$ ) 进行测定, 并由公式  $E_4/E_6 = \text{OD}_{465}/\text{OD}_{665}$  计算出  $E_4/E_6$ 。

### 1.4 数据处理方法

采用 Excel 2003 和 SPSS 18.0 软件对试验数据进行统计分析, 采用 LSD 法测验差异显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 稻秸与猪粪共堆肥对水溶性物质碳含量的影响

$C_{\text{WSS}}$  是堆肥有机质中最活跃的部分, 是微生物最易利用的营养源<sup>[1]</sup>。由图 1 可知, 与稻秸相比,

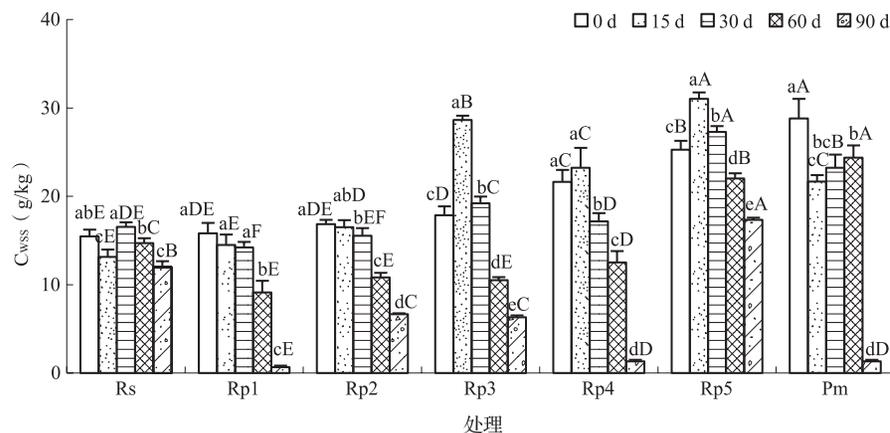


图 1 稻秸与猪粪共堆肥对  $C_{\text{WSS}}$  的影响

注: 不同小写字母表示同一处理不同腐解时间在 0.05 水平上的差异显著, 不同大写字母表示同一腐解时间不同处理在 0.05 水平上的差异显著, 下同。

猪粪有更高含量的  $C_{WSS}$ ，在 0 d，堆肥中猪粪比例的提高有助于  $C_{WSS}$  含量的增加。随堆肥进行，不同处理  $C_{WSS}$  含量的变化规律有所不同，与 0 d 相比，90 d 堆肥结束时，各处理  $C_{WSS}$  含量均有不同程度降低，由 Rs 至 Pm 处理， $C_{WSS}$  含量分别降低 22.5%、95.8%、60.4%、64.6%、93.8%、31.4% 和 95.4%。可见，Rp1 处理  $C_{WSS}$  的消耗程度最大，而 Rs 处理  $C_{WSS}$  的消耗程度最小。

### 2.2 稻秸与猪粪共堆肥对可提取腐植酸碳含量的影响

$C_{HE}$  是有机物料在微生物、酶的作用下形成的一类特殊的高分子化合物，它是由一系列分子构成

的聚类物质<sup>[7]</sup>，是堆肥发挥肥力效应的关键物质。如图 2 所示，在 0 d，堆肥中稻秸与猪粪等比例混合  $C_{HE}$  含量可显著高于其他处理。各处理  $C_{HE}$  随堆肥进行所表现的规律不同。与 0 d 相比，90 d 堆肥结束时，除 Rp1 处理使  $C_{HE}$  增加 13.1% 外，其余处理均使得  $C_{HE}$  有着不同幅度的降低，大小顺序如下：Rp4 (56.7%) > Rp3 (42.7%) > Rp2 (37.4%) > Rs (21.8%) > Rp5 (18.4%) > Pm (5.0%)，可见，仅有 Rp1 处理能促进  $C_{HE}$  的积累，其余处理  $C_{HE}$  均表现为消耗。

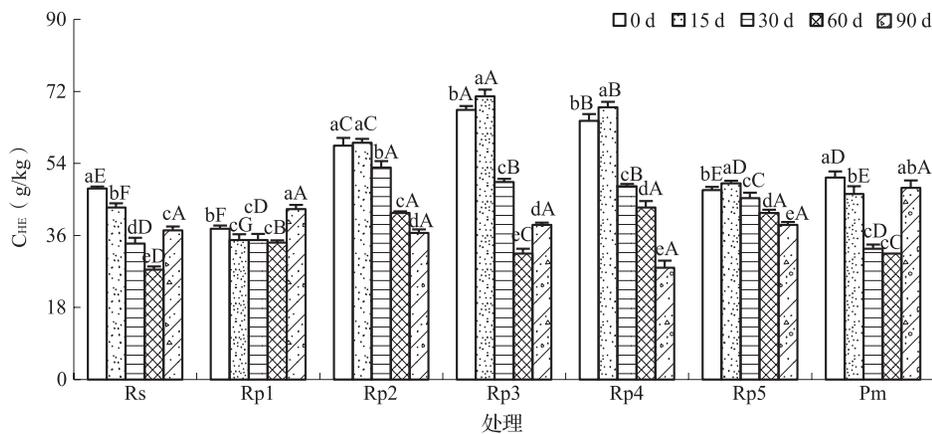


图 2 稻秸与猪粪共堆肥对  $C_{HE}$  的影响

### 2.3 稻秸与猪粪共堆肥对胡敏酸碳含量、胡敏酸碱溶液 $E_4/E_6$ 及腐殖化指数的影响

$C_{HA}$  是分子量大小不等的一系列高分子缩聚物<sup>[7]</sup>，含有羧基、酚羟基等多种活性官能团，是  $C_{HE}$  的核心组分。由图 3 可知，在 0 d 时，堆肥中猪粪比例占半数以上的处理，其  $C_{HA}$  显著高于其他处理。随堆肥进行，各处理  $C_{HA}$  均表现为先减后增的规律，与 0 d 相比，堆肥结束时，除 Rp1 处理能

使  $C_{HA}$  提高 22.0% 外，其余 6 个处理  $C_{HA}$  均表现为消耗，Rs、Rp2、Rp3、Rp4、Rp5 和 Pm 处理  $C_{HA}$  的降低幅度分别为 9.0%、4.2%、28.2%、43.9%、61.6% 和 51.9%，可见，在稻秸与猪粪质量比为 7:3 的基础上，继续增加猪粪的比例更有助于  $C_{HA}$  的消耗，稻秸与猪粪质量比 1:9 时  $C_{HA}$  的损失最大，其次是仅有猪粪的堆肥处理。

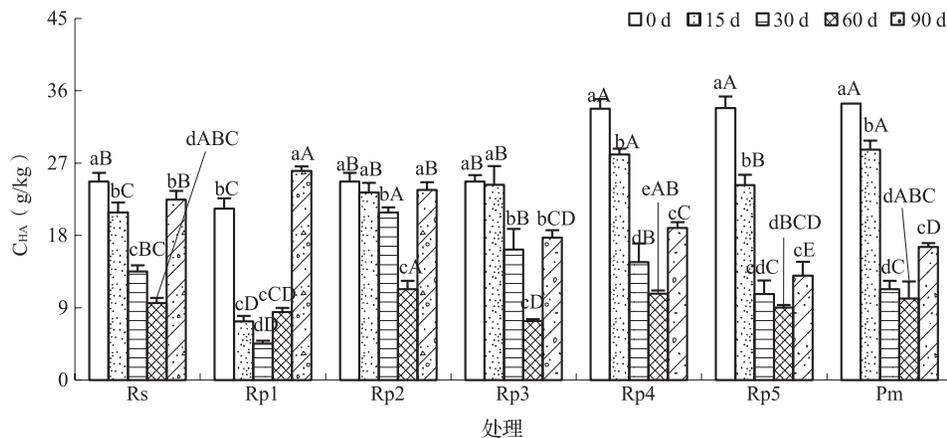


图 3 稻秸与猪粪共堆肥对  $C_{HA}$  的影响

HA 碱溶液  $E_4/E_6$  与其分子的缩合度呈反比, 该值越小表明 HA 分子的结构越复杂<sup>[11]</sup>。如图 4 所示, 伴随堆肥的进行, 除 Rp4 处理 HA 碱溶液  $E_4/E_6$  呈渐趋增加外, 其余处理均表现为先增后减的规律。堆肥结束时, 与 0 d 相比, Rs、Rp1、Rp2、Rp3、Rp4 和 Pm 6 个处理下 HA 碱溶液  $E_4/E_6$  分别增加了

39.5%、12.3%、75.2%、5.5%、126.8% 和 27.0%, 而 Rp5 处理的  $E_4/E_6$  降低了 6.3%。由此可见, Rp5 处理在堆肥结束时 HA 分子的缩合度和芳构化程度有所增强, 而其他处理 HA 的脂族化程度加强, 结构更加简单。

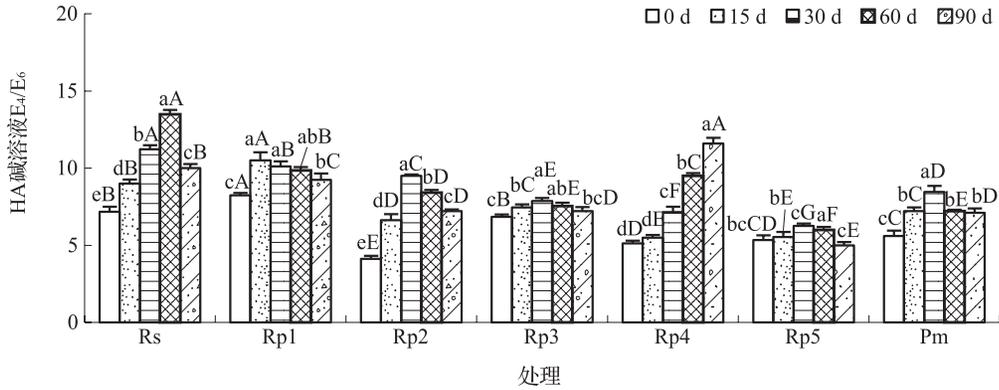


图 4 稻秸与猪粪共堆肥对 HA 碱溶液  $E_4/E_6$  的影响

根据  $C_{HA}/C_{FA}$  的变化可大致判断堆肥的腐熟程度, 该比值越高表明腐殖质的品质越高<sup>[6, 8]</sup>。由图 5 可知, 随堆肥进行, 各处理  $C_{HA}/C_{FA}$  均表现为先降低后升高的规律。与 0 d 相比, 堆肥结束时, Rs、Rp1、Rp2、Rp3 和 Rp4 处理  $C_{HA}/C_{FA}$  均有所增加, 增幅分别为 41.2%、20.3%、149.4%、46.8%

和 91.3%, 而 Rp5 和 Pm 处理  $C_{HA}/C_{FA}$  分别降低了 79.8% 和 75.4%。可见, 各处理堆肥 HA 均表现为先降解向 FA 转化, 再由 FA 缩合形成 HA 的规律, 当猪粪在共堆肥中质量比例  $\geq 90\%$ , 最终形成的  $C_{FA}$  高于  $C_{HA}$ , 腐殖质品质有所降低, 而在稻秸质量比例  $\geq 30\%$ , 则最终有利于腐殖质品质的提升。

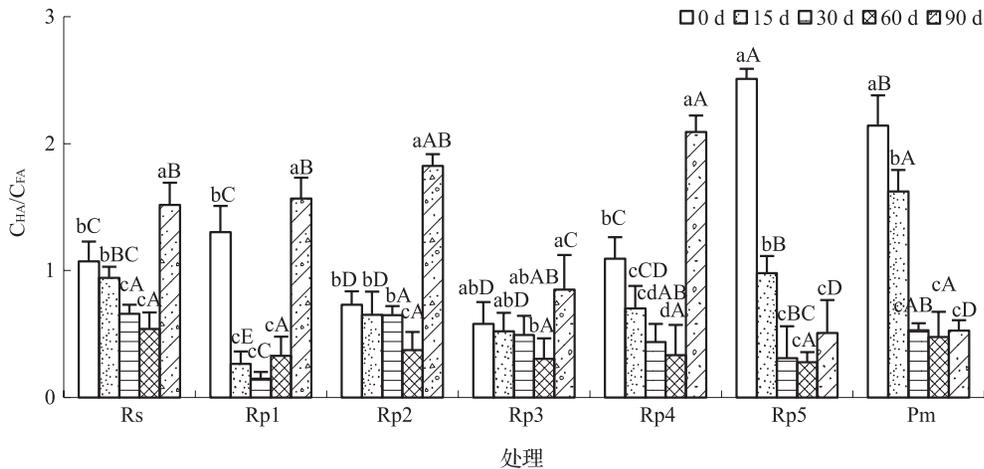
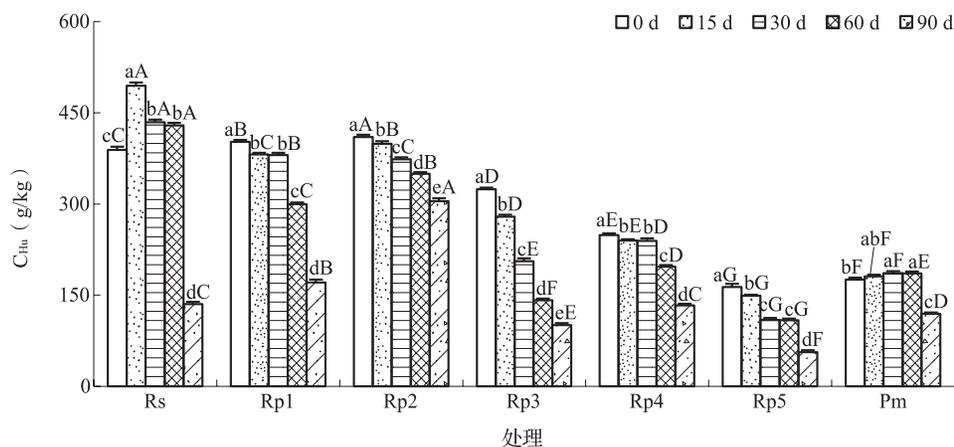


图 5 稻秸与猪粪共堆肥对  $C_{HA}/C_{FA}$  的影响

#### 2.4 稻秸与猪粪共堆肥对胡敏素碳含量的影响

$C_{Hu}$  是与矿物质紧密结合的腐殖物质, 被认为是堆肥中的惰性物质<sup>[7]</sup>。由图 6 可知, 在 0 d, 猪粪在物料中比例的提升与其  $C_{Hu}$  含量的变化呈反比。随堆肥进行, 各处理  $C_{Hu}$  的变化规律不同。与

0 d 相比, 在堆肥结束时, 各处理  $C_{Hu}$  均有所降低, 由 Rs 至 Pm 处理,  $C_{Hu}$  的降低幅度分别为 65.2%、57.4%、25.7%、68.9%、46.4%、65.7% 和 32.0%, 其中, Rp3 处理对  $C_{Hu}$  的分解作用最强。

图6 稻秸与猪粪共堆肥对  $C_{Hu}$  的影响

### 3 结论与讨论

与稻秸相比,猪粪中有更高含量的  $C_{wss}$  和  $C_{HA}$ , 而  $C_{Hu}$  含量较低,这是因为猪粪是经“过腹消化”的产物,其在猪肠胃中经过乳酸菌等多种细菌复杂酶系的降解,已初步发酵,经计算,其 C/N 为 14.5, 而稻秸 C/N 为 360.7, 可见猪粪的腐熟程度明显高于未经腐熟的稻秸。

$C_{wss}$  是微生物能迅速利用的底物,在腐殖质形成过程中起主要作用<sup>[7]</sup>。不同处理所表现的规律不一,与 0 d 相比,90 d 堆肥结束时,各处理  $C_{wss}$  含量均有不同程度降低,其中,稻秸与猪粪质量比为 9:1 时对  $C_{wss}$  的消耗程度最大。在堆肥过程中,微生物利用  $C_{wss}$  并以此作为能量物质,被合成的物质一部分进入腐殖质,还有一小部分能够以芳香环的形式存在<sup>[7]</sup>。

$C_{HE}$  在堆肥过程中的变化可以有效评价堆肥的腐熟程度<sup>[12]</sup>。在供试处理中,仅有稻秸与猪粪质量比为 9:1 时在堆肥结束后能使  $C_{HE}$  增加 13.1%, 其余处理  $C_{HE}$  均表现为消耗;李恕艳等<sup>[13]</sup> 研究表明,堆肥形成的腐植酸不稳定,较易被分解,部分分解产物在微生物作用下能够缩合、形成结构与性质更为稳定的腐殖物质。可见,在本试验条件下,稻秸与猪粪质量比为 9:1 堆肥时更有利于腐熟进程、促进腐殖物质的形成,而其余处理  $C_{HE}$  降低的原因也许与  $C_{wss}$  的损失有关,通常,  $C_{wss}$  可视为合成腐殖质的“源头物质”<sup>[14]</sup>, 因“源头物质”被微生物消耗而减少了  $C_{HE}$  的合成。

HA 是腐殖质中的活跃物质<sup>[15]</sup>, 其分子结构变化可用于评价堆肥的腐熟特征。吴萍萍等<sup>[16]</sup> 提出, 秸秆对加强 HA 分子芳香化的贡献较大, 而猪

粪则更有利于 HA 的脂族化。HA 碱溶液  $E_4/E_6$  能反映 HA 分子结构的芳构化程度, 比值越小, 说明分子的缩合度和芳构化程度越高、分子量越大<sup>[17]</sup>。在本试验条件下, 稻秸与猪粪共堆肥质量比为 9:1 时, 在堆肥结束后能够促进 HA 分子的缩合, 然而, 其他处理 HA 分子的芳构化程度均有所下降。随堆肥进行, 各处理 HA 均表现为先降解、再缩合的规律, 这与于建等<sup>[18]</sup> 研究结果相同。可见, 除稻秸与猪粪共堆肥质量比为 9:1 外, 其他处理下新形成的 HA, 其分子的芳构化程度尚未缩合到其原有 HA 的复杂程度<sup>[19]</sup>。腐殖化指数 ( $C_{HA}/C_{FA}$ ) 是评价腐殖质品质优劣的重要指标, 该比值越大说明  $C_{HA}$  含量越高, 品质越好<sup>[20]</sup>。随堆肥进行, 各处理  $C_{HA}/C_{FA}$  均表现为先降低后升高的总体规律, 这与 Zhang 等<sup>[10]</sup> 的研究结果一致。当稻秸占堆肥总质量  $\geq 30\%$  时, 经堆肥后有利于腐殖质品质的提升, 而猪粪占堆肥总质量  $\geq 90\%$ , 则堆肥后腐殖质品质会有所下降。

Hu 作为腐殖质的惰性组分, 分子量较大且性质稳定, 在自然状态下多与黏土矿物结合而以复合体的形式存在<sup>[21]</sup>。与 0 d 相比, 堆肥结束时, 各处理  $C_{Hu}$  含量均有所消耗, 其中, 稻秸与猪粪等比例处理对  $C_{Hu}$  的分解作用最强, 使其向活性腐殖质组分转化<sup>[22]</sup>。

### 参考文献:

- [1] 唐朱睿, 席北斗, 何小松, 等. 猪粪堆肥过程中水溶性有机物结构演变特征 [J]. 光谱学与光谱分析, 2018, 38 (5): 1526-1532.
- [2] 胡桂萍, 杨广, 石旭平, 等. 不同配比猪粪对茶树修剪物高温堆肥腐熟进程的影响 [J]. 江西农业大学学报, 2016, 38 (5): 913-919.

- [3] 王砚, 李念念, 朱端卫, 等. 水稻秸秆预处理对猪粪高温堆肥过程的影响 [J]. 农业环境科学学报, 2018, 37 (9): 2021–2028.
- [4] 王亚飞, 李梦婵, 邱慧珍, 等. 不同畜禽粪便堆肥的微生物数量和养分含量的变化 [J]. 甘肃农业大学学报, 2017, 52 (3): 37–45.
- [5] 于子旋, 杨静静, 王语嫣, 等. 畜禽粪便堆肥的理化腐熟指标及其红外光谱 [J]. 应用生态学报, 2016, 27 (6): 2015–2023.
- [6] 黄红丽, 罗琳, 王寒, 等. 猪粪堆肥中铜锌与腐殖质组分的结合竞争 [J]. 环境工程学报, 2014, 8 (9): 3978–3982.
- [7] 王玉军, 窦森, 张晋京, 等. 农业废弃物堆肥过程中腐殖质组成变化 [J]. 东北林业大学学报, 2009, 37 (8): 79–81.
- [8] Qian X Y, Shen G X, Wang Z Q, et al. Co-composting of livestock manure with rice straw: characterization and establishment of maturity evaluation system [J]. Waste Management, 2014, 34 (2): 530–535.
- [9] Wang C, Tu Q P, Dong D, et al. Spectroscopic evidence for biochar amendment promoting humic acid synthesis and intensifying humification during composting [J]. Journal of Hazardous Materials, 2014, 280: 409–416.
- [10] Zhang J J, Hu F, Li H X, et al. Effects of earthworm activity on humus composition and humic acid characteristics of soil in a maize residue amended rice-wheat rotation agroecosystem [J]. Applied Soil Ecology, 2011, 51: 1–8.
- [11] Haddad G, El-Ali F, Mouneimne A H. Humic matter of compost: Determination of humic spectroscopic ratio ( $E_4/E_6$ ) [J]. Current Science International, 2015, 4 (1): 56–72.
- [12] 吴飞龙, 吴晓梅, 叶美峰, 等. 不同微生物菌对福清市生活污水堆肥化处置的影响 [J]. 福建农业学报, 2017, 32(2): 206–211.
- [13] 李恕艳, 李吉进, 张邦喜, 等. 菌剂对鸡粪堆肥腐殖质含量品质的影响 [J]. 农业工程学报, 2016, 32 (S2): 268–274.
- [14] 刘媛媛, 徐智, 陈卓君, 等. 外源添加磷石膏对堆肥碳组分及腐殖质品质的影响 [J]. 农业环境科学学报, 2018, 37 (11): 2483–2490.
- [15] 孟凡荣, 窦森, 尹显宝, 等. 施用玉米秸秆生物质炭对黑土腐殖质组成和胡敏酸结构特征的影响 [J]. 农业环境科学学报, 2016, 35 (1): 122–128.
- [16] 吴萍萍, 王家嘉, 李录久. 不同施肥措施对白土腐殖质组成的影响 [J]. 土壤, 2016, 48 (1): 76–81.
- [17] 谷洁, 李生秀, 秦清军, 等. 微生物及胡敏酸  $E_4/E_6$  值在农业废弃物静态高温腐解中的变化 [J]. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 2005, 33 (12): 98–102, 106.
- [18] 于建, 宋以玲, 肖承泽, 等. 不同腐熟剂对猪粪腐熟度的影响 [J]. 化肥工业, 2018, 45 (3): 16–20.
- [19] 王帅, 王楠, 张溪, 等. 改良方式对盐碱地稻田总有机碳及腐殖质组成的影响 [J]. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 2017, 45 (11): 43–50.
- [20] 孙莹, 侯玮, 迟美静, 等. 氮肥与有机肥配施对设施土壤腐殖质组分的影响 [J]. 土壤学报, 2019, 56 (4): 940–952. DOI: 10.11766/trxb201807270342
- [21] 杨洋, 张玉龙, 安晶. 灌溉方式对设施土壤总有机碳及其腐殖质组分的影响 [J]. 水土保持学报, 2017, 31 (5): 273–277, 286.
- [22] Genevini P L, Tambone F, Adani F, et al. Evolution and qualitative modifications of humin-like matter during high rate composting of pig faeces amended with wheat straw [J]. Soil Science and Plant Nutrition, 2003, 49 (6): 785–792.

### The best ratio of rice straw and pig manure inco-composting

FAN Jia-yan, WANG Shuai, JIANG Yan, DONG Zhen-yu, YAN Ting, WANG Nan\* (College of Agriculture, Jilin Agricultural Science and Technology University, Jilin Jilin 132101)

**Abstract:** In order to reveal the best ratio of rice straw and pig manure in static aerobic co-composting, the indoor culture method was adopted, and the humus composition was used as the basis for evaluation. Seven mass ratios of rice straw to pig manure [10:0 (Rs), 9:1 (Rp1), 7:3 (Rp2), 5:5 (Rp3), 3:7 (Rp4), 1:9 (Rp5) and 0:10 (Pm)] were designed and their C contents of water-soluble substance, humic-extractable acid, humic acid humin ( $C_{WSS}$ ,  $C_{HE}$ ,  $C_{HA}$  and  $C_{Hu}$ ),  $E_4/E_6$  ratio of humic acid alkali extract and humification index ( $C_{HA}/C_{FA}$ ) were analyzed. The results showed that: (1) Compared with rice straw, pig manure contained higher levels of  $C_{WSS}$  and  $C_{HA}$ , while  $C_{Hu}$  content was lower; (2) Compared with 0 d, the content of  $C_{WSS}$  and  $C_{Hu}$  decreased at different levels at the end of compost. Among them, the Rp1 treatment had the greatest consumption of  $C_{WSS}$ , and the Rp3 treatment had the strongest decomposition of  $C_{Hu}$ ; (3) In the tested treatments, only Rp1 treatment increased  $C_{HE}$  by 13.1% at the end of composting, and  $C_{HE}$  of the other treatments were all consumed; (4) Rp5 treatment promoted the condensation of HA molecules at the end of composting, on the contrary, the degree of aromatization of HA molecules from the other treatments decreased. With the composting, the HA of each treatment showed the first degradation and recondensation. The rice straw accounted for  $\geq 30\%$  of the total mass of compost, which was beneficial to the improvement of humus quality after composting, while the pig manure accounted for  $\geq 90\%$  of the total mass of compost, the humus quality decreased after composting.

**Key words:** rice straw; pig manure; co-composting; ratio; humus composition