

doi: 10.11838/sfsc.1673-6257.22002

## 添加美拉德反应底物对黑木耳菌糠腐解期间腐殖质组成的影响

王楠, 白成鑫, 张琪, 邱小成, 赵艺浓, 王帅\*

(吉林农业科技学院农学院, 吉林 吉林 132101)

**摘要:** 针对黑木耳菌糠木质素含量高、独立腐解难的问题, 通过添加美拉德 (Maillard) 反应底物来提高此类菌糠的腐解效果, 为其科学堆肥提供技术参考。采用室内培养法, 以黑木耳菌糠为基础材料, 通过邻苯二酚、葡萄糖和甘氨酸 3 种 Maillard 反应底物的添加, 以不添加任何反应底物为对照, 结合黑木耳菌糠培养过程中腐解物料腐殖质组成的变化, 探索各底物在黑木耳菌糠腐殖化作用中的贡献。结果表明: (1) 随培养进行, 各处理条件下黑木耳菌糠总有机碳 (TOC) 均表现为逐渐降低的趋势, 其中添加葡萄糖更有利于 TOC 的损失, Maillard 反应底物的添加使 45 d 培养内的矿化作用更为明显。各处理均有利于黑木耳菌糠水溶物质碳含量 ( $C_{wss}$ ) 的增加, 其中邻苯二酚对  $C_{wss}$  的提升幅度最大, 其次为葡萄糖; (2) 各处理均有利于黑木耳菌糠可提取腐殖酸的积累, 在促进黑木耳菌糠胡敏酸分子结构复杂程度方面更有优势; (3) 添加 Maillard 反应底物可促进黑木耳菌糠富里酸向胡敏酸的转化, 其中甘氨酸的作用最为明显, 此外, 甘氨酸还能有效促进惰性腐殖质组分胡敏素的分解。综上所述, 添加甘氨酸更有利于黑木耳菌糠的高效腐解, 矿化惰性腐殖质组分的同时有利于腐殖质品质的提升。

**关键词:** 黑木耳; 菌糠; 腐解; Maillard 反应底物; 腐殖质组成

随着人们对黑木耳食用保健功效的追捧, 该产业也迎来了前所未有的发展势头。然而, 大量黑木耳生产过后, 废弃物菌糠被肆意丢弃, 因其含有较高比例的椴木屑 ( $\geq 70\%$ ), 木质素含量极高, 因此单一或与鸡粪共堆肥均无法达到理想的腐解效果<sup>[1]</sup>, 严重制约了农业特色产业的发展。尽管如此, 菌糠含有较高含量的有机质和蛋白质, 保水能力较强, 堆肥仍是大批消纳菌糠、将其资源化利用、转化为安全稳定腐殖化产品的最佳途径<sup>[2]</sup>。近年来, 广大研究者探索将黑木耳菌糠、禽畜粪便和改良剂共堆肥, 实现了较好地互补催化效果和农用改土增产效果<sup>[3-4]</sup>。然而, 针对黑木耳菌糠不易腐解的特性, 亟待寻求对黑木耳菌糠腐解有激发效应的调理剂。

美拉德 (Maillard) 反应是葡萄糖、邻苯二酚和甘氨酸 3 种底物在  $\delta\text{-MnO}_2$  催化下进行非生物

缩合的腐殖化过程, 各底物间通过氧化与亲核反应能够聚合形成类腐殖质<sup>[5]</sup>, 即 3 种 Maillard 反应底物通过各类反应机制能够促进腐殖化进程, 葡萄糖可为菌丝体的形成提供能量、促进芳香环的分解<sup>[6]</sup>, 邻苯二酚依据多酚理论易被氧化成醌类直接参与腐殖质的形成, 甘氨酸水解产生低分子量有机酸能够为多酚的形成提供基础材料, 间接地促进腐殖质的形成。

张雪辰等<sup>[7]</sup>向牛粪、菌糠和鸡粪组成的混料堆肥中添加发酵启动剂, 验证了该启动剂可有效促进堆肥有机碳矿化分解的结论。王广耀等<sup>[8]</sup>以滑子菇渣为基础材料, 通过堆肥腐殖质组成的动态分析, 探索了滑子菇渣与猪粪间堆肥的最佳比例。Meng 等<sup>[9]</sup>研究认为, 添加菌糠和蔗糖能够提高污泥堆肥产品的脱氢酶活性, 加快堆肥的腐熟进程。尽管如此, 将 Maillard 反应底物投加到黑木耳菌糠中探索其对菌糠腐殖化进程的影响尚未见报道。鉴于此, 本研究拟采用室内培养法, 以黑木耳菌糠为基础材料, 通过 3 种 Maillard 反应底物的加入, 试图揭示各底物在腐殖化作用中的贡献, 为黑木耳菌糠堆肥腐熟配方的研制提供技术参考。

收稿日期: 2022-01-03; 录用日期: 2022-05-22

基金项目: 吉林省教育厅科学研究规划项目 (JJKH20210408KJ)。

作者简介: 王楠 (1982-), 副教授, 博士, 主要从事土壤肥力调控研究。E-mail: wangnan664806@126.com。

通讯作者: 王帅 (1982-), E-mail: wangshuai419@126.com。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

黑木耳菌糠取自吉林省蛟河市黄松甸镇,由椴木屑、麦麸、稻糠等组成,风干、粉碎过 0.25 mm 筛,经测定,该菌糠总有机碳 (TOC)、N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 和 K<sub>2</sub>O 含量分别为 37.8%、1.93%、2.33% 和 0.76%。

微生物菌剂制备:称取天津环微生物科技有限公司出品的秸秆腐熟剂(有效活菌数 $\geq 200$  亿 cfu $\cdot$ g<sup>-1</sup>) 1 g 置于 100 mL 无菌水中,在 28℃ 气浴振荡器中以 120 r $\cdot$ min<sup>-1</sup> 的转数振荡提取 2 h,静止沉降 30 min 后以 3500 r $\cdot$ min<sup>-1</sup> 的转数离心 15 min,收集上清液,备用。

### 1.2 试验设计

采用室内培养法进行,准确称取 12 g 黑木耳菌糠粉末于 100 mL 三角瓶中,用一定浓度的 (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液(含氮 27.2%)调节菌糠的含水量(60%)和 C/N (25:1)。试验共设 3 个处理,分别在装有菌糠粉末的三角瓶中添加 5 mL 0.12 mol $\cdot$ L<sup>-1</sup> 的邻苯二酚、葡萄糖和甘氨酸,以添加 5 mL 无菌水为对照,分别由 Cat、Glu、Gly 和 CK 表示,每个处理重复 3 次,随后接种 10 mL 微生物菌剂,用无菌透气膜封口,28℃ 的恒温培养,期间动态补水,分别在培养 0、45 和 90 d 动态取样,取样后立即转入 50℃ 鼓风干燥箱中烘干,终止微生物反应,磨细过 0.25 mm 筛,用于腐殖质组成的分析。

### 1.3 测试指标及方法

采用腐殖质组成修改法<sup>[10]</sup>,称取 1.0 g 动态采集的菌糠物料于 100 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,离心(3500 r $\cdot$ min<sup>-1</sup>, 15 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,所获溶液为水溶性物质(WSS);将蒸馏水改为 0.1 mol $\cdot$ L<sup>-1</sup> NaOH 和 0.1 mol $\cdot$ L<sup>-1</sup> Na<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 的混合液,按上述步骤对残渣进行二次提取,此次收集的溶液为可提取腐殖酸(HE);离心管中的残渣用蒸馏水多次洗涤,直至洗液近中性,将其转入 50℃ 鼓风干燥箱中烘至恒重,该沉淀即为胡敏素(Hu)。

吸取 30 mL HE 溶液,用 0.5 mol $\cdot$ L<sup>-1</sup> 的 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 将其 pH 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 容量瓶并定容,此溶液为富里酸(FA);用稀酸洗涤滤纸上的残渣、再用 0.05 mol $\cdot$ L<sup>-1</sup> 温热的 NaOH 将其溶解于 50 mL 容量瓶中,用蒸馏水定容,获得胡敏酸(HA)碱溶液。WSS、HE、HA 和 Hu 的有机碳含量分别用 C<sub>WSS</sub>、C<sub>HE</sub>、C<sub>HA</sub> 和 C<sub>Hu</sub> 表示,采用外加热-重铬酸钾氧化法测定,富里酸碳含量(C<sub>FA</sub>)可用差减法计算:C<sub>FA</sub>=C<sub>HE</sub>-C<sub>HA</sub>,比值法计算胡富比(C<sub>HA</sub>/C<sub>FA</sub>)。采用北京普析通用仪器有限责任公司生产的 TU-1901 型紫外可见分光光度计对 HA 碱溶液的光密度(A<sub>400 nm</sub> 和 A<sub>600 nm</sub>)进行测定,由此计算色调整系数( $\Delta \log K$ ), $\Delta \log K = \lg A_{400 \text{ nm}} - \lg A_{600 \text{ nm}}$ 。

### 1.4 数据处理

采用 Excel 2003 和 SPSS 18.0 对数据进行整理,并进行差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 对黑木耳菌糠总有机碳含量及水溶性物质碳含量的影响

图 1 是不同 Maillard 反应底物对黑木耳菌糠 TOC 含量的差异影响。由图 1 可见,随培养的进行,黑木耳菌糠不同处理下的 TOC 含量均表现为逐渐降低的趋势。与 0 d 相比,培养 45 d 时,由 Cat 至 CK 处理黑木耳菌糠 TOC 降低幅度分别达 5.8%、3.6%、2.9% 和 0.1%,可见, Maillard 反应底物的添加有助于培养初期黑木耳菌糠 TOC 的矿化,而在培养结束后,由 Cat 至 CK 处理黑木耳菌糠 TOC 含量的降低幅度分别达 10.6%、14.6%、4.8% 和 10.2%。整个培养过程中, Glu 处理具有明显促进黑木耳菌糠 TOC 矿化分解的作用,相反, Gly 处理对黑木耳菌糠 TOC 矿化具有一定的抑制作用。

WSS 是指有机物料中能溶于水相的部分,其主要成分包括糖类、氨基酸和脂肪酸等,具有分解快、生物活性高的特点。图 2 是不同 Maillard 反应底物对黑木耳菌糠 C<sub>WSS</sub> 的差异影响,由图 2 可见, Cat 处理下黑木耳菌糠 C<sub>WSS</sub> 随培养的进行先增加而后略有降低,而 Glu、Gly 和 CK 处理下黑木耳菌糠的 C<sub>WSS</sub> 表现为逐渐增高的趋势。与 0 d 相比,培养结束后,由 Cat 至 CK 处理的黑木耳菌糠 C<sub>WSS</sub> 分别增加了 311.8%、157.9%、52.0% 和 75.2%,可见, Cat 对黑木耳菌糠 C<sub>WSS</sub> 的提升幅度最大,其次是 Glu。

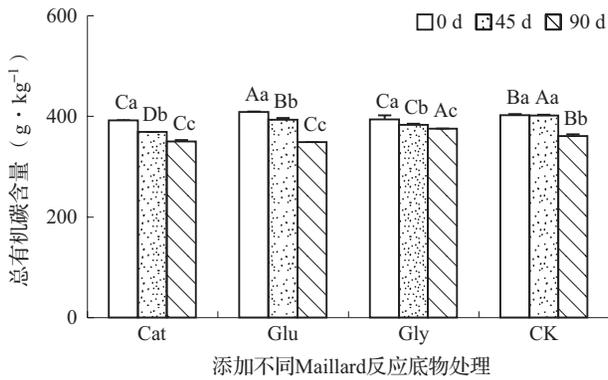


图1 不同 Maillard 反应底物对黑木耳菌糠 TOC 含量的差异影响

注：图柱上不同大写字母表示相同培养天数、不同处理间的差异显著 ( $P < 0.05$ )，图柱上不同小写字母表示同一处理、不同培养天数间的差异显著 ( $P < 0.05$ )。下同。

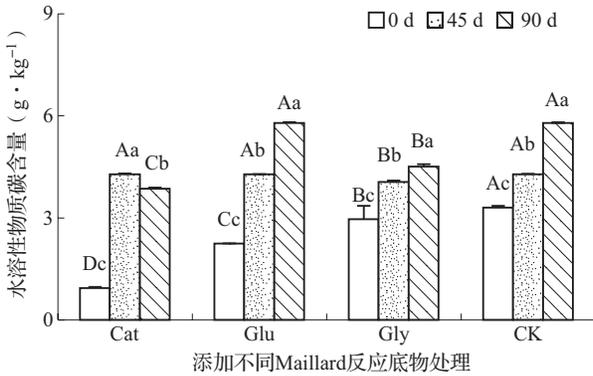


图2 不同 Maillard 反应底物对黑木耳菌糠 C<sub>wss</sub> 的差异影响

## 2.2 对黑木耳菌糠可提取腐殖酸碳含量、胡敏酸碱溶液色调系数和胡富比的影响

图3是不同 Maillard 反应底物对黑木耳菌糠 C<sub>HE</sub> 的差异影响。由图3可见，各处理下黑木耳菌糠 C<sub>HE</sub> 均表现为先大幅增加再略有降低的趋势，与0 d相比，培养结束后，Cat、Glu、Gly 和 CK 处理黑木耳菌糠 C<sub>HE</sub> 分别增加了 146.0%、71.7%、171.9% 和 253.7%。可见，尽管 Maillard 反应底物的添加使 C<sub>HE</sub> 的净生成量增加了，但却低于 CK。

图4是不同 Maillard 反应底物对黑木耳菌糠 HA 碱溶液  $\Delta \log K$  的差异影响。由图4可见，各处理随培养的进行，HA 碱溶液  $\Delta \log K$  均表现为逐渐降低的规律，与0 d相比，Cat、Glu、Gly 和 CK 处理在培养结束后 HA 碱溶液  $\Delta \log K$  分别降低了 55.6%、48.6%、48.9% 和 29.0%，Maillard 反应底物的添加使 HA 碱溶液  $\Delta \log K$  的降低幅度远高于 CK

处理，此外，Maillard 反应底物的添加使 HA 碱溶液  $\Delta \log K$  在整个培养过程均高于 CK。

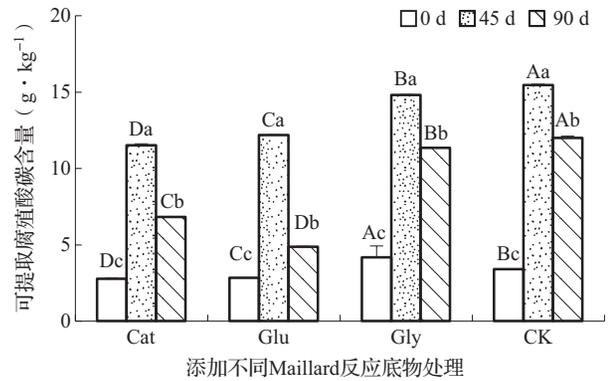


图3 不同 Maillard 反应底物对黑木耳菌糠 C<sub>HE</sub> 的差异影响

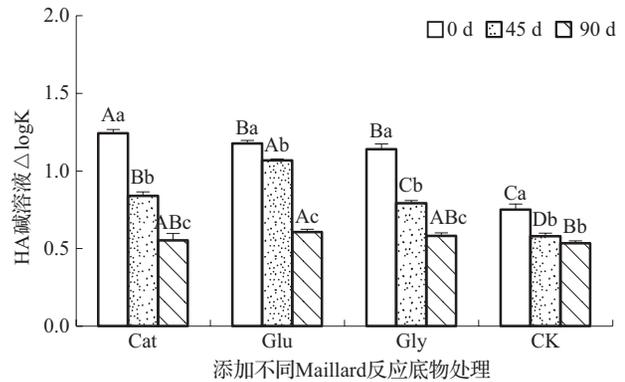


图4 不同 Maillard 反应底物对黑木耳菌糠 HA 碱溶液  $\Delta \log K$  的差异影响

图5是不同 Maillard 反应底物对黑木耳菌糠 C<sub>HA</sub>/C<sub>FA</sub> 的差异影响。由图5可见，添加 Maillard 反应底物对黑木耳菌糠 C<sub>HA</sub>/C<sub>FA</sub> 的影响均表现为逐渐增高的趋势，与CK处理恰好相反。与0 d相比，Cat、Glu 和 Gly 处理在培养 90 d 后 C<sub>HA</sub>/C<sub>FA</sub> 分别增加了 20.1%、23.4% 和 110.4%，其中 Gly 作用最为明显，反之，CK 处理下的 C<sub>HA</sub>/C<sub>FA</sub> 下降了 30.7%。在整个培养过程中，添加 Glu 的处理，黑木耳菌糠 C<sub>HA</sub>/C<sub>FA</sub> 均显著高于其他处理，其次是 Cat 处理。

## 2.3 对黑木耳菌糠胡敏素碳含量的影响

图6是不同 Maillard 反应底物对黑木耳菌糠 C<sub>Hu</sub> 的差异影响。由图6可见，Cat 和 Glu 2 个处理条件下黑木耳菌糠 C<sub>Hu</sub> 随培养的进行逐渐增加，而 Gly 和 CK 则表现为先增加后降低的规律。与0 d相比，培养结束后 Cat、Glu 和 CK 处理黑木耳菌糠 C<sub>Hu</sub> 分

别增加了 15.1%、29.4% 和 45.9%，而 Gly 处理经培养后使黑木耳菌糠  $C_{Hu}$  降低了 13.3%，与 CK 相比，Maillard 反应底物的添加使得培养 45 和 90 d 下的黑木耳菌糠  $C_{Hu}$  显著降低，这表明 Maillard 反应底物的添加促进了后半阶段（45 和 90 d）黑木耳菌糠  $C_{Hu}$  的分解。

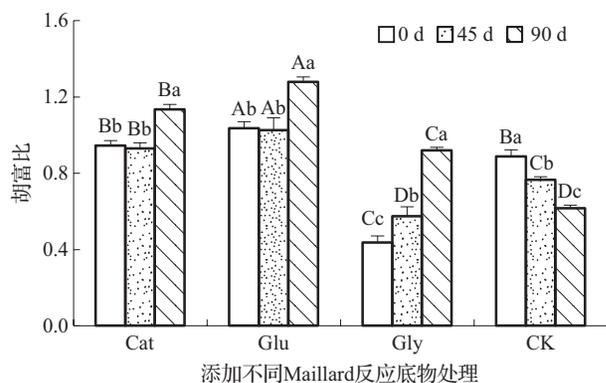


图 5 不同 Maillard 反应底物对黑木耳菌糠  $C_{HA}/C_{FA}$  的差异影响

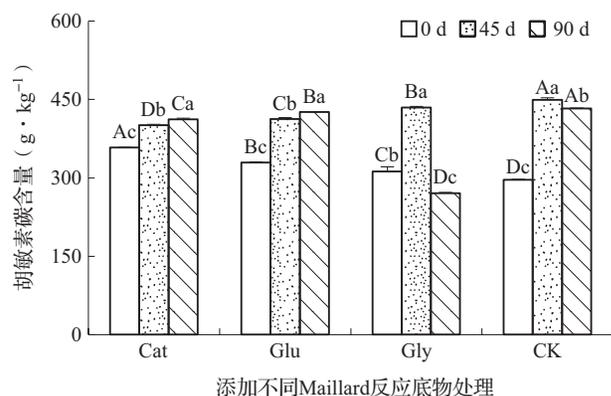


图 6 不同 Maillard 反应底物对黑木耳菌糠  $C_{Hu}$  的差异影响

### 3 讨论

#### 3.1 不同 Maillard 反应底物添加影响下黑木耳菌糠腐解过程总有机碳含量及水溶性物质碳含量的变化

在黑木耳菌糠腐解初期，与 CK 相比，外源添加 Maillard 反应底物可作为能量物质提高微生物活性，使其优先利用可溶性糖、有机酸和淀粉等简单、易分解的有机物，致使 TOC 分解矿化程度较高，王玉军等<sup>[11]</sup>认为堆肥的分解主要发生在初期。整体看来，添加不同 Maillard 反应底物及 CK 处理下黑木耳菌糠 TOC 均呈逐渐降低的趋势，这与张雪辰等<sup>[7]</sup>的报道吻合，菌糠中 TOC 易被微生

物所降解<sup>[12]</sup>；葡萄糖的添加促进了微生物对黑木耳菌糠的矿化分解作用，使 TOC 损失率远高于其他处理，而甘氨酸的加入尽管在培养初期促进微生物对黑木耳菌糠的矿化，但总的来说，后期可能参与稳定态有机分子的形成，矿化作用明显受到抑制。 $C_{WSS}$  是微生物较易利用的碳源组分，理应随培养进行而消耗，但因伴有复杂有机分子的矿化，使小分子片段不断填充进入 WSS 组分、使  $C_{WSS}$  增高，其中邻苯二酚对黑木耳菌糠  $C_{WSS}$  的提升幅度最大，其次为葡萄糖。邻苯二酚是在自然条件下木质素经褐腐真菌的分解产物<sup>[6]</sup>，外源添加邻苯二酚更有利于刺激 r- 策略微生物活性，加强对黑木耳菌糠的降解，促进小分子降解产物进入 WSS 组分、使  $C_{WSS}$  增高，而葡萄糖是微生物最易利用的单糖，Jokic 等<sup>[5]</sup> 和 Hardie 等<sup>[6]</sup> 认为外源添加葡萄糖可以为 Maillard 反应提供额外的电子供体促进反应的进行，加强微生物持续矿化分解能力，使  $C_{WSS}$  获得积累。

#### 3.2 不同 Maillard 反应底物添加影响下黑木耳菌糠腐解过程可提取腐殖酸碳含量、胡敏酸碱溶液色系数、胡富比和胡敏素碳含量的变化

在微生物驱动的黑木耳菌糠腐殖化过程中，添加不同 Maillard 反应底物及 CK 处理均有利于  $C_{HE}$  的积累，这与楼子墨等<sup>[13]</sup>研究废弃菌糠堆肥后总腐殖酸量可提升 18.6% 的结论相似，但就提升幅度而言，添加 Maillard 反应底物的效果却不如 CK，尽管如此，历经培养，Maillard 反应底物的添加使 HA 碱溶液  $\Delta \log K$  的降低幅度明显高于 CK 处理，这表明 Maillard 反应底物在促进黑木耳菌糠 HA 分子结构复杂程度方面更有优势，HA 是腐殖质的核心组分，其主要由芳香环等结构构成，结构的复杂性与聚合物形成或脂肪族物质被降解密切相关<sup>[14]</sup>；此外，FA 和 HA 统属腐殖质中不可分割的连续体<sup>[15]</sup>，两者间的动态转化并不是遵循特定的形成顺序，各处理下黑木耳菌糠  $C_{HA}/C_{FA}$  的逐渐增高意味着在培养过程中 FA 组分有向 HA 转化的趋势， $C_{HA}/C_{FA}$  升高的原因有 2 个：一是因为 FA 结构简单，与 HA 相比，更易被微生物分解<sup>[16]</sup>，二是 FA 通过聚合形成 HA，该比值的逐渐增高意味着黑木耳菌糠中的脂族碳和多糖类物质在腐解过程逐渐减少，而芳香族及腐殖质类稳定且不易降解的物质在腐解过程会显著增加，使腐解物料中有机分子趋于稳定化，芳构化程度提高<sup>[14]</sup>。邻苯二酚、葡萄糖和甘氨酸 3 种 Maillard 反应底物的添加

均有利于腐殖质品质的提升, 相比之下甘氨酸添加后对于  $C_{HA}/C_{FA}$  的提升作用更为明显, 外源添加甘氨酸在提供额外电子供体的同时还可以促进褐变反应<sup>[17]</sup>。Maillard 反应底物的添加促进了黑木耳菌糠后半阶段 (45 和 90 d) 的腐解, 使惰性腐殖质组分 Hu 不断分解, 其中, 甘氨酸对 Hu 分解的促进作用最大, 甘氨酸作为氨基酸系列中结构最为简单的物质, 能够与醌类聚合形成 HA、致使 Hu 组分分解所致<sup>[18]</sup>。

#### 4 结论

在添加不同 Maillard 反应底物的影响下, 黑木耳菌糠腐解过程中 TOC 均表现为逐渐降低的趋势, 其中葡萄糖更有利于矿化作用、使 TOC 损失率达到最高, 反应底物的添加使 45 d 培养下的矿化作用更为显著。3 种反应底物的添加均有利于黑木耳菌糠  $C_{WSS}$  的增加, 其中邻苯二酚对  $C_{WSS}$  的提升幅度最大, 其次为葡萄糖; 葡萄糖、邻苯二酚及甘氨酸 3 种 Maillard 反应底物的添加均有利于黑木耳菌糠 HE 的积累, 在促进黑木耳菌糠 HA 分子结构复杂程度方面更有优势; 添加 Maillard 反应底物能够促进黑木耳菌糠 HA 向 FA 的转化, 使  $C_{HA}/C_{FA}$  增加进而提升腐殖质品质, 其中甘氨酸作用最为明显, 此外, 甘氨酸还能有效促进惰性腐殖质组分 Hu 的分解。

#### 参考文献:

- [1] 王楠, 刘兰, 王语, 等. 黑木耳菌糠与牛粪共堆腐腐殖质组成的变化 [J]. 土壤通报, 2020, 51 (1): 171-176.
- [2] 刘冉, 董莎, 姚志超, 等. 黑木耳菌糠有机肥的制备及肥效研究 [J]. 东北农业科学, 2018, 43 (6): 20-24.
- [3] 雷琬莹, 李敏娜, 何东锐, 等. 黑木耳菌糠与牛粪不同配比对堆肥养分性状及发芽指数的影响 [J]. 东北农业科学, 2021, 46 (1): 52-56.
- [4] 王玥, 刘中珊, 刘奇, 等. 木耳菌糠和鸡粪混合堆肥改良盐碱土壤效果评价 [J]. 中国农学通报, 2020, 36 (26): 77-82.

- [5] Jokic A, Wang M C, Liu C, et al. Integration of the polyphenol and Maillard reactions into a unified abiotic pathway for humification in nature [J]. Organic Geochemistry, 2004, 35: 747-762.
- [6] Hardie A G, Dynes J J, Kozak L M, et al. The role of glucose in abiotic humification pathways as catalyzed by birnessite [J]. Journal of Molecular Catalysis A: Chemical, 2009, 308: 114-126.
- [7] 张雪辰, 邓双, 杨密密, 等. 畜禽粪便堆腐过程中有机碳组分与腐熟指标的变化 [J]. 环境科学学报, 2014, 34 (10): 2559-2565.
- [8] 王广耀, 李雪, 周昶延, 等. 滑子菇渣与猪粪不同配比对堆肥腐殖质组成的影响 [J]. 华南农业大学学报, 2019, 40 (6): 111-117.
- [9] Meng L Q, Zhang S M, Gong H N, et al. Improving sewage sludge composting by addition of spent mushroom substrate and sucrose [J]. Bioresource Technology, 2018, 253: 197-203.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] Zhu H J, Sun L F, Zhang Y F, et al. Conversion of spent mushroom substrate to biofertilizer using a stress-tolerant phosphate-solubilizing *Pichia farinose* FL7 [J]. Bioresource Technology, 2012, 111 (5): 410-416.
- [13] 楼子墨, 王卓行, 周晓馨, 等. 废弃菌糠资源化过程中的成分变化规律及其环境影响 [J]. 环境科学, 2016, 37 (1): 397-402.
- [14] 李丹, 何小松, 席北斗, 等. 堆肥过程水溶性有机物组成和结构演化研究 [J]. 环境科学, 2016, 37 (9): 3660-3669.
- [15] Lehmann J, Kleber M. The contentious nature of soil organic matter [J]. Nature, 2015, 528: 60.
- [16] Wen B, Zhang J J, Zhang S Z, et al. Phenanthrene sorption to soil humic acid and different humin fractions [J]. Environmental Science & Technology, 2007, 41 (9): 3165-3171.
- [17] 肖军霞, 黄国清, 裴晓惠, 等. 不同模式体系美拉德反应程度及抗氧化活性比较研究 [J]. 食品科学, 2011, 32 (11): 52-55.
- [18] 卓苏能, 文启孝. 醌-氨基酸聚合物 (合成胡敏酸) 中氮素形态的初步研究 [J]. 土壤, 1993, 35 (6): 323.

#### Effect of Maillard reaction substrate added on humus composition of *Auricularia auricula* chaff during its decomposition

WANG Nan, BAI Cheng-xin, ZHANG Qi, QIU Xiao-cheng, ZHAO Yi-nong, WANG Shuai\* (College of Agriculture, Jilin Agricultural Science and Technology University, Jilin Jilin 132101)

**Abstract:** In view of the high content of lignin in *Auricularia auricula* chaff and the difficulty of independent decomposition, the Maillard reaction substrates were added to improve its decomposing effect, which could provide a technical reference for its scientific composting. The indoor culture method was adopted to explore the contribution of each Maillard reaction substrate in the humification of *Auricularia auricula* chaff. In the process, *Auricularia auricula* chaff served as the basic material, three Maillard reaction substrates such as

catechol, glucose and glycine were added, with no reaction substrate added as a control, combined with the changes in the humus composition of *Auricularia auricula* chaff during the culture process. The result showed that: (1) with the culture, the total organic carbon (TOC) of *Auricularia auricula* chaff from all the treatments showed a gradual decrease trend, among which the addition of glucose was more conducive to the loss of TOC, and the addition of Maillard reaction substrates made the mineralization within 45 d of culture more obvious. All the treatments were beneficial to the increase of water-soluble carbon content ( $C_{wss}$ ) of *Auricularia auricula* chaff, in which the catechol had the largest increase for  $C_{wss}$ , followed by glucose; (2) All the treatments were helpful to the accumulation of humic-extracted acid extracted from *Auricularia auricula* chaff, and had more advantages over the cultivation of Maillard reaction substrates in promoting the structural complexity of humic acid; (3) Addition of Maillard reaction substrate could promote the conversion of fulvic acid to humic acid in the *Auricularia auricula* chaff, among which the glycine had the most obvious effect. In addition, the glycine could also promote the decomposition of the inert humus component humin effectively. In summary, the glycine was more advantageous for the high-efficiency decomposition of *Auricularia auricula* chaff, mineralized the inert humus component and was also conducive to the improvement of humus quality.

**Key words:** *Auricularia auricula*; chaff; decomposition; Maillard reaction substrate; humus composition