

许文钊,顾妍,程瑞,等.不同添加物对杏鲍菇渣发酵及基质化利用的影响[J].江苏农业科学,2022,50(5):212-218.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.05.034

不同添加物对杏鲍菇渣发酵及基质化利用的影响

许文钊,顾妍,程瑞,戚春雷,黄大跃,王林闯,仲秀娟,孙玉东

(江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所/淮安市设施蔬菜重点实验室,江苏淮安 223001)

摘要:为研究杏鲍菇渣基质化应用的适宜发酵条件,通过添加木薯渣、牛粪、双孢菇渣和设置不添加,添加 0.05%、0.10% 发酵菌剂 3 个试验组合,测定不同发酵阶段发酵产物发酵温度、积温、孔隙度、容重、可溶性盐浓度(EC)值及 pH 值等,并通过育苗试验对不同处理发酵产物基质化利用结果进行评价。结果表明,不同处理之间的有效积温存在差异,其中添加 0.10% 发酵菌剂的杏鲍菇渣处理有效积温最高;添加双孢菇渣处理的 EC 值均显著高于其他处理,添加牛粪处理的 EC 值始终最低;不同处理的 pH 值变化趋势不规律。发酵结束各处理的总孔隙度在 43.04% ~ 54.10% 之间,通气孔隙在 9.45% ~ 30.44% 之间,持水孔隙在 20.72% ~ 39.39% 之间,容重在 0.18 ~ 0.33 g/cm³ 之间。杏鲍菇渣和木薯渣混合发酵产物配制的育苗基质综合表现最好。综上,本试验条件下杏鲍菇渣发酵腐熟的最佳方法为每 500 L 杏鲍菇渣与 500 L 木薯渣混合。

关键词:杏鲍菇渣;快速发酵;基质化利用;育苗基质;木薯渣

中图分类号:X712

文献标志码:A

文章编号:1002-1302(2022)05-0212-06

菇渣是指食用菌人工栽培收获产品后剩下的培养基废弃物,主要由锯末、麦糠、棉籽壳、麦秸等发酵而成^[1],其含有丰富的菌体蛋白、多种代谢产物及未被充分利用的氮、磷、钾以及中微量元素等养分物质,是较好的栽培基质原料^[2]。前人对菇渣利用的研究主要集中在基质配比,李海燕等研究认为,将草炭、菇渣按体积比 1:1 比例混合可代替草炭栽培基质,适宜番茄幼苗生长^[3];郭淑云等研究认为,将菇渣、炉渣、鸡粪按体积比 9:5:3 比例混合可以作为黄瓜的最优栽培基质配方^[4];陆建兰等研究表明,草莓残植、菇渣、鸡粪按体积比 2:1:1 比例混合配制的培养基培育的生菜植株其长势及品质都优于对照^[5]。

杏鲍菇是我国四大工厂化食用菌的核心品种之一,近年来,各地杏鲍菇生产规模逐年扩大,但工厂化生产的杏鲍菇只出一潮菇,菇渣数量呈不断增加趋势,不仅污染环境,而且造成了严重的资源浪

费^[6]。随着设施农业发展,我国的基质需求缺口巨大,提高菇渣基质化利用率,有利于缓解生态环境压力,也可为设施农业现代化发展提供持续动力。目前,菇渣基质化利用依然存在理化性状一致性差、可溶性盐浓度(EC)值高限制基质化利用等问题^[7]。白永娟等研究表明,菇渣宜采用氮源为鸡粪+尿素或者牛粪+尿素的组合进行发酵^[8]。单洪涛等通过发酵的方法降低菌渣 EC 值,以满足育苗基质的要求^[9]。本研究以杏鲍菇渣为发酵主原料,研究不同添加物和菌剂含量对其发酵及基质化利用的影响,探索杏鲍菇渣转化为稳定性状基质适宜的发酵条件,为杏鲍菇渣的基质化利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料与设计

本试验于 2019 年 1—5 月在淮安市农业科学研究院科研创新基地(119.02°E、33.49°N)塑料大棚内进行,以杏鲍菇渣(含氮 2.12%,含碳 39.13%)为主要发酵原料,分别添加木薯渣(含氮 1.93%,含碳 17.46%)、牛粪(含氮 1.54%,含碳 20.01%)、双孢菇渣(含氮 2.00%,含碳 23.86%)进行混合发酵,以纯杏鲍菇渣为对照;菌剂添加剂量设置 3 个水平,分别为 0、0.05%、0.10%,具体试验组合见表 1。采用静态高温堆腐的方式进行发酵处理,每隔 15 d

收稿日期:2021-07-01

基金项目:淮安市重点研发计划(农业和社会发展类)项目(编号: HAN201809);淮安市农业科学研究院科研发展基金(编号: HNY201711、HNY201913)。

作者简介:许文钊(1984—),男,江苏淮安人,硕士,助理研究员,主要从事育苗和栽培基质研究。E-mail:1140053022@qq.com。

通信作者:孙玉东,研究员,主要从事蔬菜遗传育种和设施蔬菜栽培等研究工作。E-mail:751665242@qq.com。

左右翻堆 1 次,堆置 70 d;采用 5 点取样法,每个重复取样 200 g,分别在发酵前期、发酵中期、发酵结束后 3 个时期取样待测。通过发酵腐熟后利用发酵产物配制成专用型育苗基质用于西瓜育苗。杏鲍菇渣,购自江苏淮香食用菌有限公司;木薯渣和牛粪,均购自淮安市中诺农业科技发展有限公司;双孢菇渣,购自江苏紫山生物股份有限公司;发酵菌剂,购自河南省沃宝生物科技有限公司。供试西瓜品种为苏梦 6 号,由江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所蔬菜研究中心提供。

表 1 不同处理发酵配方

处理	杏鲍菇渣 (L)	木薯渣 (L)	牛粪 (L)	双孢菇渣 (L)	发酵菌剂 (g)
T ₁	1000	0	0	0	0
T ₂	1000	0	0	0	50
T ₃	1000	0	0	0	100
T ₄	500	500	0	0	0
T ₅	500	500	0	0	50
T ₆	500	500	0	0	100
T ₇	500	0	500	0	0
T ₈	500	0	500	0	50
T ₉	500	0	500	0	100
T ₁₀	500	0	0	500	0
T ₁₁	500	0	0	500	50
T ₁₂	500	0	0	500	100

1.2 试验方法

1.2.1 杏鲍菇渣快速发酵 发酵过程中堆体中心放置温度记录仪 RC-5(江苏省精创电气股份有限公司)进行温度测定和记录,取每日平均值;环境温度采用温度记录仪 RC-5 进行测定,取每日平均值。分别在发酵前期、发酵中期、发酵结束后进行发酵产物 pH 值、EC 值和氮含量的测定。氮含量测定采用硫酸-过氧化氢消煮-凯氏定氮法;发酵产物体积质量(容重)、总孔隙度、通气孔隙度、持水孔隙度、pH 值、EC 值的测定参照郭世荣的方法^[10]进行。

1.2.2 基质配方筛选 将发酵产物分别与椰糠、草炭按体积 1:1:1 的比例进行混合,按 0.5 kg/m³ 的比例添加水溶性复合肥(N:P:K=20-10-20)[中农(上海)化肥有限公司],0.4 kg/m³ 的比例添加缓释型氮肥脲甲醛(泰州市瑞麒生物科技有限公司),充分混匀后配制成育苗专用型基质。不同发酵产物共配制成 12 种基质,采用 72 孔穴盘进行西

瓜育苗,每种基质分别播种 3 盘,以优佳商品育苗基质(淮安市中园艺发展有限公司)为对照,育苗过程保持条件均匀一致,并采用商业化管理。播种 35 d 后进行西瓜幼苗生长情况观测统计,使用直尺测量株高,游标卡尺测定植株茎粗,千分之一天平测定植株干、鲜质量,手持叶绿素 SPAD 仪测定植株成熟叶片叶绿素含量。壮苗指数=(茎粗/株高+地上干质量/地下干质量)×全株干质量,根冠比=地下鲜质量/地上鲜质量。

1.3 数据分析

采用 Excel 2010 和 SPSS 20.0 等软件进行数据分析和绘图。

2 结果与分析

2.1 不同处理对杏鲍菇渣发酵温度的影响

温度是发酵过程中重要的指标,发酵温度的高低决定着发酵的速度和质量。本试验对发酵过程中温度变化进行全程动态监测(图 1),结果表明,发酵前期(0~6 d)发酵产物堆体中心温度持续上升,达到峰值后开始下降。发酵后 15 d 进行翻堆混匀后,T₁、T₂、T₃、T₄、T₅ 处理堆体中心温度再次出现明显上升,达 2 次峰值后下降。发酵后 30 d 进行翻堆混匀后,T₁₀、T₁₁、T₁₂处理堆体中心温度略有上升,其他处理堆体中心温度上升不明显。发酵后 45 d 进行翻堆混匀后,除 T₃ 处理堆体中心温度急剧上升外,其他处理堆体中心温度略有升高。发酵后 60 d 进行最后一次翻堆混匀后,仅有 T₃ 处理堆体中心温度再次出现明显上升,其他各处理组温度相对稳定。发酵 70 d 后,各处理堆体中心温度均开始下降,表明发酵过程已完成。

由表 2 可知,整个发酵过程中各处理堆体中心温度呈波动上升趋势,但堆体中心最高温度存在明显差异,最高温度从高到低依次为 T₂>T₁₂>T₃>T₈>T₇>T₁>T₁₀>T₁₁>T₄>T₉>T₅>T₆。其中,T₂ 最高温度达到 66.0℃,T₆ 最高温度为 46.0℃;各处理的日平均积温存在明显差异,其中 T₂ 和 T₃ 最高,达到 36.4℃,T₈ 最低仅为 23.5℃。日均温大于 55℃天数中 T₃ 最高,有 13 d;T₄、T₅、T₆、T₉ 最低,均为 0 d。在最初的发酵过程中,不同处理发酵堆体有效积温相差不明显,在堆体温度达到峰值后,开始出现明显差异,杏鲍菇渣(T₁、T₂、T₃)有效积温的平均值达到了 2 351.9℃,高于其他几个水平的处理,其中 T₃ 处理有效积温最高(表 2)。

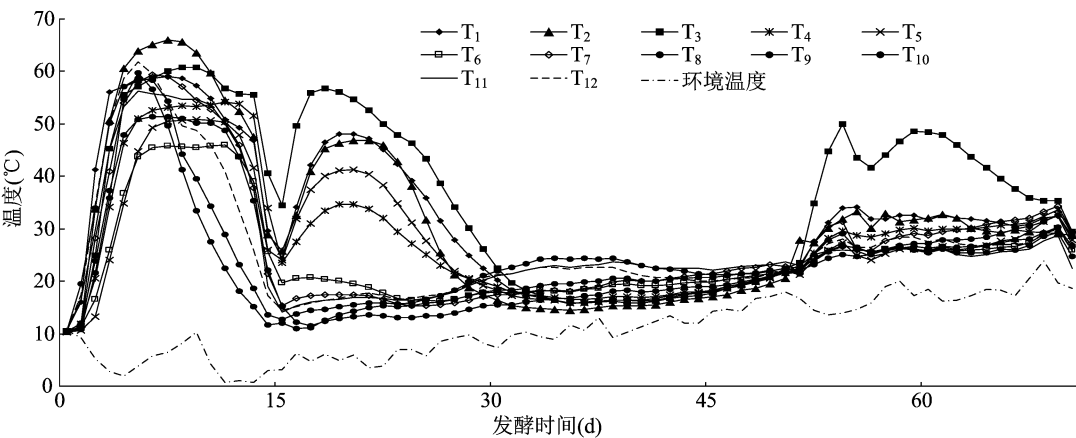


图1 不同处理在菇渣发酵过程中温度的变化

表 2 菇渣发酵过程中积温统计

处理	日平均温度大于 60 ℃ 天数(d)	日平均温度大于 55 ℃ 天数(d)	日平均温度大于 40 ℃ 天数(d)	日平均温度最高温度(℃)	日平均积温 (℃)	有效积温 (℃)
T ₁	0	7	19	59.0	31.9	2 261.4
T ₂	6	7	18	66.0	36.4	2 211.4
T ₃	3	13	34	60.8	36.4	2 582.9
T ₄	0	0	10	54.2	28.4	1 900.1
T ₅	0	0	13	50.8	27.2	1 669.0
T ₆	0	0	8	46.0	24.4	1 698.6
T ₇	0	4	10	59.4	26.8	2 018.3
T ₈	0	2	5	59.7	23.5	1 931.6
T ₉	0	0	9	51.4	23.9	1 732.7
T ₁₀	0	3	6	58.6	25.0	1 777.0
T ₁₁	1	3	10	56.3	26.5	1 878.3
T ₁₂	0	3	9	61.9	26.2	1 859.3

2.2 不同处理对杏鲍菇渣发酵过程中 EC 值和 pH 值的影响

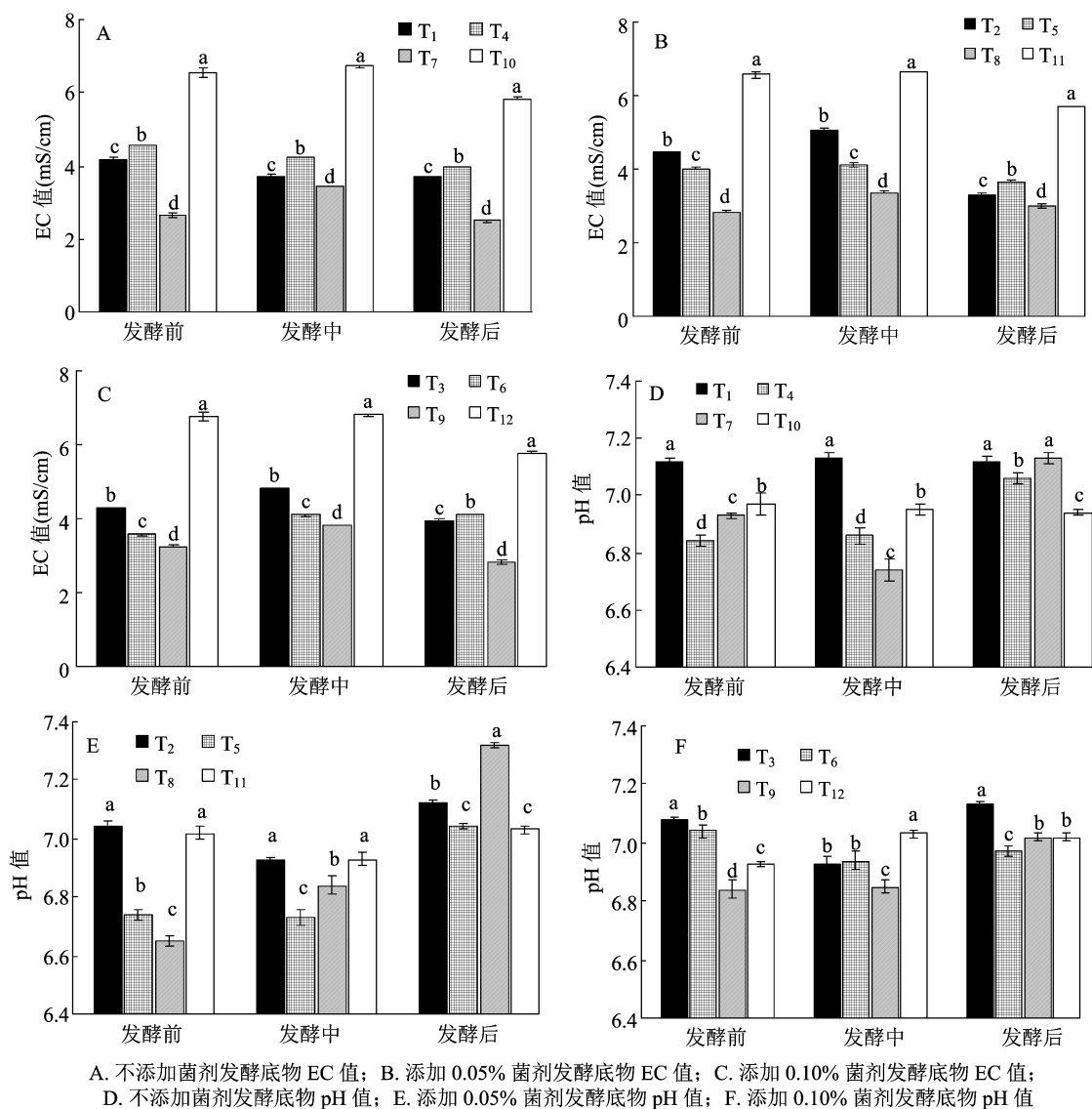
基质电导率和酸碱度是影响植株生长的重要因子,本试验分别测定了发酵前期、发酵中期和发酵结束后发酵底物的 EC 值和 pH 值。由图 2 - A 至图 2 - C 可知,在整个发酵过程中,各处理的 EC 值存在一定差异,但以双孢菇渣为发酵底物的处理(T₁₀、T₁₁、T₁₂)EC 值均显著高于其他处理,以牛粪为发酵底物的处理(T₇、T₈、T₉)EC 值均在各处理中处于最低值。不同菌剂含量发酵堆中 EC 值也存在差异,不添加菌剂的不同发酵底物在整个发酵过程中 EC 值变化相对稳定(图 2 - A);添加 0.05% 菌剂的不同发酵底物在整个发酵过程 EC 值呈先上升后下降趋势;添加 0.10% 菌剂的处理中,T₆ 处理 EC 值在整个发酵过程中呈上升趋势。

由图 2 - D 至图 2 - F 可知,在整个发酵过程中,各处理间 pH 值存在明显差异,且不同菌剂含量

发酵物中变化趋势不规律。不添加菌剂的不同发酵底物在整个发酵过程中 pH 值以杏鲍菇渣、双孢菇渣为底物(T₁、T₁₀)的发酵产物 pH 值在发酵过程中相对稳定,以木薯渣为底物(T₄)的发酵产物在发酵过程中 pH 值呈上升状态,以牛粪为底物(T₇)的发酵产物在发酵过程中 pH 值呈先下降后上升趋势。添加 0.05% 菌剂的不同发酵底物在整个发酵过程中除以牛粪为底物的发酵产物 pH 值呈持续上升外,其他各处理发酵产物 pH 值均呈先降后升的趋势。添加 0.10% 菌剂的不同发酵底物在整个发酵过程中以牛粪为底物的发酵产物 pH 值呈持续上升,以双孢菇渣为处理的发酵产物 pH 值呈先上升后下降的趋势,以杏鲍菇渣和木薯渣为处理的发酵产物 pH 值均呈先略有下降后上升的趋势。

2.3 菇渣发酵过程中氮含量的变化

为进一步研究添加不同处理为底物的发酵过程中氮含量的变化情况,本试验分别对发酵前期、



A. 不添加菌剂发酵底物 EC 值; B. 添加 0.05% 菌剂发酵底物 EC 值; C. 添加 0.10% 菌剂发酵底物 EC 值;
D. 不添加菌剂发酵底物 pH 值; E. 添加 0.05% 菌剂发酵底物 pH 值; F. 添加 0.10% 菌剂发酵底物 pH 值

图2 不同处理对菇渣发酵过程中 EC 值、pH 值的影响

发酵中期、发酵结束后的发酵产物进行氮含量测定。结果(图 3)表明, T_2 、 T_4 处理的氮含量持续下降, T_5 、 T_8 处理的氮含量呈先降低后升高趋势, T_7 处理的氮含量呈持续升高趋势, 其他各处理的氮含量呈先升高后降低趋势。其中, 在整个发酵过程中, 以杏鲍菇渣为底物的发酵产物氮含量始终较高, 以双孢菇渣为底物的次之, 以牛粪为处理的最低。

2.4 不同处理发酵产物的孔隙度和容重

容重和孔隙度是基质重要的理化性质, 适宜植物生长的基质容重应在 $0.1 \sim 0.8 \text{ g/cm}^3$ 之间, 总孔隙度应在 54% ~ 96% 之间^[10]。由表 3 可知, 发酵结束后各处理的总孔隙度在 43.04% ~ 54.10% 之间, 通气孔隙在 9.45% ~ 30.44% 之间, 持水孔隙在 20.72% ~ 39.39% 之间, 容重在 $0.18 \sim 0.33 \text{ g/cm}^3$

之间。总孔隙度 T_2 最高, 为 54.10%, T_{12} 次之, T_{11} 最低, 为 43.04%。通气孔隙 T_{12} 最高, 为 30.44%, T_5 最低, 为 9.45%。持水孔隙 T_5 最高, 为 39.39%, T_{11} 最低, 为 20.72%。容重 T_8 最高, 为 0.33 g/cm^3 , T_2 最低, 为 0.18 g/cm^3 。各处理容重在适宜植物生长的范围, 总孔隙度接近适宜植物生长的范围。

2.5 不同处理对杏鲍菇渣发酵基质化利用的影响

本试验以西瓜育苗为研究对象, 对发酵产物基质化利用进行评价。分别测定了西瓜播种后的出苗率、株高、茎粗、叶绿素含量、植株地上和地下部分干鲜质量等, 并进行了根冠比和壮苗指数计算。由表 4 可知, T_1 株高明显小于对照, 其中 T_7 最高, 达 140.8 mm, T_6 次之。 T_1 茎粗明显小于对照, 其中 T_6 茎粗最高, 为 5.76 mm。以杏鲍菇渣 + 木薯渣处

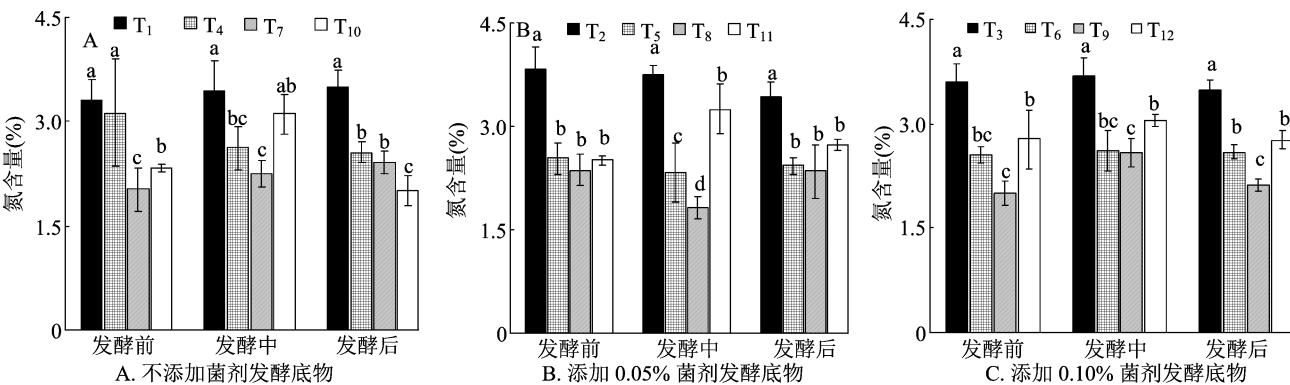


图3 菇渣发酵过程中氮含量的变化

表 3 不同处理发酵产物孔隙度和容重

处理	总孔隙度 (%)	通气孔隙 (%)	持水孔隙 (%)	容重 (g/cm ³)
T ₁	48.82 ± 0.42e	22.53 ± 0.13c	26.30 ± 0.54h	0.19 ± 0.01e
T ₂	54.10 ± 0.95a	20.43 ± 0.48d	33.67 ± 0.51d	0.18 ± 0.01e
T ₃	51.65 ± 0.38c	16.82 ± 0.36f	34.83 ± 0.07c	0.20 ± 0.01e
T ₄	46.10 ± 0.38f	13.56 ± 0.43h	32.54 ± 0.12e	0.31 ± 0.02ab
T ₅	48.84 ± 0.24e	9.45 ± 0.35j	39.39 ± 0.12a	0.31 ± 0.01ab
T ₆	48.28 ± 0.27e	19.71 ± 0.26e	28.57 ± 0.50g	0.29 ± 0.02bc
T ₇	45.02 ± 0.97g	15.21 ± 0.59g	29.81 ± 0.37f	0.27 ± 0.02c
T ₈	49.90 ± 0.16d	10.70 ± 0.27i	39.19 ± 0.34a	0.33 ± 0.01a
T ₉	45.97 ± 0.32f	10.54 ± 0.13i	35.43 ± 0.19b	0.30 ± 0.02bc
T ₁₀	50.44 ± 0.10d	28.17 ± 0.26b	22.27 ± 0.17i	0.24 ± 0.02d
T ₁₁	43.04 ± 0.48h	22.32 ± 0.18c	20.72 ± 0.54j	0.23 ± 0.01d
T ₁₂	53.27 ± 0.14b	30.44 ± 0.22a	22.83 ± 0.32i	0.23 ± 0.02d

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。下表同。

理(T₄、T₅、T₆)和杏鲍菇渣+牛粪处理(T₇、T₈、T₉)的发酵产物配制成的育苗基质株高和茎粗明显优于其他基质,并显著优于对照。T₆、T₈处理的西瓜幼苗植株干质量显著高于对照,其他处理与对照差异不显著。所有处理地上鲜质量均高于对照,其中T₃、T₄、T₅、T₆、T₇、T₈、T₉、T₁₀处理显著高于CK,其中T₆最高为4.962 g,杏鲍菇渣+木薯渣处理(T₄、T₅、T₆)和杏鲍菇渣+牛粪处理(T₇、T₈、T₉)显著高于其他处理。所有处理地下鲜质量均显著高于对照,其中T₅处理最高,为0.856 g。12种不同处理的叶绿素含量都处于34.7~47.0之间,T₁₂处理的西瓜幼苗叶绿素含量显著高于对照基质,其他处理的西瓜幼苗叶绿素含量均显著低于对照。T₄、T₈处理壮苗指数显著高于对照,其他处理与对照差异不显著,其中以T₄为发酵底物的处理壮苗指数最高。T₁、T₂、T₄、T₅、T₁₂处理根冠比显著高于对照处理,其他处理间差异不显著。T₁处理发芽率最低,为83.33%,T₇处理最高,为100%,其中T₄、T₆、T₇处

理发芽率显著高于T₁处理。

3 讨论与结论

农业废弃物需要通过微生物的发酵作用,对有机物进行有效的生物降解,将其转化为富含营养物质的腐殖质发酵才能进行基质化利用^[11]。有研究表明,农业废弃物发酵温度最佳为40~65℃之间^[12]。本试验各处理温度在发酵第3天均达到高温(40℃以上),并持续一段时间,处于最佳发酵温度范围内。有研究表明,添加菌剂可以缩短腐熟时间、提高发酵温度和延长高温时间^[13-15]。本试验在杏鲍菇渣发酵处理和杏鲍菇渣+双孢菇渣处理中,与前人研究结果相符,其中添加0.05%发酵菌剂的杏鲍菇渣处理发酵温度最高。而杏鲍菇渣+木薯渣和杏鲍菇渣+牛粪2个试验组合中,添加发酵菌剂后日平均积温均下降,这可能与添加的发酵菌剂抑制木薯渣和牛粪自身的微生物菌群生长有关。研究表明,添加有机氮源有利于延长发酵堆体高温

表 4 不同发酵产物基质化对西瓜育苗出苗及壮苗指数的影响

处理	株高 (mm)	茎粗 (mm)	地上鲜质量 (g)	地下鲜质量 (g)	总鲜质量 (g)	地上干质量 (g)
T ₁	63.6 ± 2.5f	4.82 ± 0.23g	2.674 ± 0.527de	0.588 ± 0.101cd	3.262 ± 0.508ef	0.324 ± 0.058cde
T ₂	84.2 ± 7.5e	5.02 ± 0.23efg	3.178 ± 0.371cde	0.684 ± 0.119cd	3.861 ± 0.309de	0.306 ± 0.046de
T ₃	91.6 ± 8.16cde	5.02 ± 0.15efg	3.628 ± 0.613bc	0.688 ± 0.136bed	4.317 ± 0.537cd	0.298 ± 0.027de
T ₄	106.0 ± 23.1bed	5.48 ± 0.20abc	3.778 ± 0.38bc	0.852 ± 0.119a	4.630 ± 0.450bc	0.374 ± 0.024abc
T ₅	116.0 ± 19.9b	5.32 ± 0.17bcd	4.152 ± 0.383b	0.856 ± 0.102a	5.008 ± 0.304b	0.384 ± 0.021abc
T ₆	138.8 ± 13.0a	5.76 ± 0.22a	4.962 ± 0.689a	0.832 ± 0.092ab	5.795 ± 0.723a	0.414 ± 0.028ab
T ₇	140.8 ± 27.1a	5.26 ± 0.15cde	4.078 ± 0.217b	0.648 ± 0.170cd	4.727 ± 0.342bc	0.338 ± 0.028cd
T ₈	117.8 ± 12.3b	5.28 ± 0.29cde	4.044 ± 0.423b	0.730 ± 0.088abc	4.774 ± 0.492bc	0.430 ± 0.032a
T ₉	109.4 ± 12.1bc	5.60 ± 0.53ab	4.186 ± 0.435b	0.694 ± 0.206bed	4.881 ± 0.556bc	0.366 ± 0.082bc
T ₁₀	87.8 ± 14.7de	5.26 ± 0.22cde	3.286 ± 0.629cd	0.590 ± 0.143cd	3.876 ± 0.666de	0.348 ± 0.053cd
T ₁₁	81.0 ± 11.2ef	5.12 ± 0.06def	2.960 ± 0.497de	0.556 ± 0.151d	3.516 ± 0.623ef	0.276 ± 0.074e
T ₁₂	80.4 ± 7.1ef	5.24 ± 0.09cde	2.980 ± 0.327de	0.636 ± 0.080cd	3.616 ± 0.360ef	0.344 ± 0.031cd
CK	77.0 ± 13.4ef	4.90 ± 0.09fg	2.652 ± 0.431e	0.390 ± 0.095e	3.042 ± 0.504f	0.332 ± 0.042cde

处理	地下干质量 (g)	干质量 (g)	壮苗指数	根冠比	叶绿素含量 (SPDA 值)	发芽率 (%)
T ₁	0.036 ± 0.005e	0.36 ± 0.062def	0.067 ± 0.009ef	0.23 ± 0.07a	36.3 ± 2.2de	83.33 ± 11.03b
T ₂	0.042 ± 0.007d	0.348 ± 0.052ef	0.069 ± 0.012def	0.22 ± 0.06a	34.9 ± 0.5e	91.66 ± 7.22ab
T ₃	0.04 ± 0.005de	0.338 ± 0.031ef	0.065 ± 0.008f	0.20 ± 0.07abcd	39.9 ± 4.0c	93.05 ± 4.81ab
T ₄	0.054 ± 0.004a	0.429 ± 0.027abc	0.086 ± 0.012a	0.23 ± 0.03a	37.5 ± 1.5cde	97.22 ± 4.81a
T ₅	0.052 ± 0.003a	0.436 ± 0.022abc	0.079 ± 0.005abc	0.21 ± 0.05abc	38.2 ± 1.7cd	91.67 ± 4.17ab
T ₆	0.050 ± 0.002ab	0.463 ± 0.028ab	0.075 ± 0.002bede	0.17 ± 0.02bcd	34.7 ± 1.8e	97.22 ± 4.81a
T ₇	0.046 ± 0.004bcd	0.384 ± 0.031cdef	0.066 ± 0.005ef	0.16 ± 0.04cd	37.1 ± 1.5cde	100.00 ± 0.00a
T ₈	0.054 ± 0.004a	0.484 ± 0.035a	0.083 ± 0.004ab	0.18 ± 0.02abcd	39.8 ± 2.2c	91.66 ± 7.22ab
T ₉	0.050 ± 0.002ab	0.416 ± 0.081bed	0.079 ± 0.002abcd	0.17 ± 0.05bed	40.1 ± 3.3c	94.45 ± 4.81ab
T ₁₀	0.044 ± 0.004cd	0.393 ± 0.057cde	0.075 ± 0.012bede	0.18 ± 0.06abcd	38.6 ± 2.2cd	87.50 ± 18.16ab
T ₁₁	0.050 ± 0.002abc	0.326 ± 0.075f	0.080 ± 0.006abc	0.19 ± 0.03abcd	38.3 ± 3.2cd	88.89 ± 15.78ab
T ₁₂	0.042 ± 0.003d	0.386 ± 0.031cdef	0.073 ± 0.006bcdef	0.21 ± 0.03ab	47.0 ± 2.5a	88.89 ± 6.36ab
CK	0.042 ± 0.004d	0.374 ± 0.045cdef	0.072 ± 0.009cdef	0.15 ± 0.03d	43.3 ± 4.0b	94.44 ± 2.40ab

时间,促进菇渣快速发酵^[16]。本试验结果表明,杏鲍菇渣添加有机氮源后,发酵堆体高温时间均有下降,这与发酵初始的碳氮比偏低有关。

瓜菜育苗基质容重应为 0.15~0.40 g/cm³,基质 pH 值在 5.8~7.0 之间,EC 值在 0.6~2.0 mS/cm 之间,有利于植株生长,EC 值高于 3.5 mS/cm,植株生长会被抑制^[17-19]。本试验结果表明,不同发酵产物配制的育苗基质对西瓜幼苗质量的影响较大,其中杏鲍菇渣和木薯渣混合发酵产物配制的育苗基质对西瓜幼苗生长最有利。本研究表明,杏鲍菇渣与木薯渣进行等体积混合发酵,其发酵产物容重为 0.29~0.31 g/cm³,通气孔隙为 9.45%~19.71%,持水孔隙为 28.57%~39.39%,EC 值为 3.67~4.12 mS/cm,pH 值为 6.97~7.06,与草炭、椰糠等体积混合可以满足西瓜育苗基质需求。

参考文献:

[1] 蒋卫杰,余宏军,刘伟. 有机生态型无土栽培技术在我国迅猛发展[J]. 中国蔬菜,2000(增刊1):37-41.

[2] 王春雨. 基于农业废弃物利用的茄果类蔬菜育苗基质研究[D]. 泰安:山东农业大学,2010:4-5.

[3] 李海燕,李絮花,王克安,等. 蘑菇渣替代草炭的栽培基质对番茄幼苗氮素状况的影响[J]. 中国农学通报,2011,27(31):244-247.

[4] 郭淑云,吴晓刚,赵静杰. 菇渣有机生态型无土栽培基质配方初探[J]. 中国园艺文摘,2014,30(3):34-35.

[5] 陆建兰,王亮亮,林旺顺,等. 草霉残植基质化处理及其对生菜生长的影响分析[J]. 南方农机,2021,52(10):94-96.

[6] 王妮妮. 杏鲍菇菌糠循环应用现状与前景分析[J]. 现代农业科技,2021(10):70-71,75.

[7] 周晚来,杨睿,张冬冬,等. 菌渣基质化利用中存在的问题与应对策略探讨[C]//2020年全国有机固废处理与资源化利用高峰论坛论文集. 长沙:中国环境科学学会、同济大学、清华大学、湖南农业大学,2020:130-137.

温晓兰,宋福如,石温慧,等. 有机硅功能肥对不同利用方式下土壤团聚性和抗蚀性的影响[J]. 江苏农业科学,2022,50(5):218-224.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.05.035

有机硅功能肥对不同利用方式下土壤团聚性和抗蚀性的影响

温晓兰¹, 宋福如^{2,3}, 石温慧¹, 宋利强^{2,3}, 刘小粉¹, 宋聚强², 曹子库³

(1. 河北工程大学,河北邯郸 056038; 2. 河北省硅谷农业科学研究院,河北邯郸 057151; 3. 河北硅谷肥业有限公司,河北邯郸 057151)

摘要:以河北省邯郸地区果园、荒草地和农田的土壤为试验对象,探讨土壤有机调理剂(AF)、颗粒复合肥(BF)和大量元素水溶肥(DF)等3种有机硅功能肥对土壤团聚体分布、稳定性及其抗蚀性的影响。采用湿筛法分离土壤水稳性团聚体,并以土壤平均质量直径(MWD)、几何平均直径(GMD)、分形维数(*D*)、土壤可蚀性因子(*K*)和分散率(*Dr*)为评价指标。结果表明,3种有机硅功能肥使供试土壤>0.25 mm水稳性团聚体含量均有所增加,其中经AF处理的土壤>2.00 mm水稳性团聚体含量均显著高于其他处理,经BF处理的土壤>0.25~2.00 mm水稳性团聚体含量也相对高于其他处理;与空白组对比,加入肥料的土壤稳定性和抗蚀性均显著提高,其中AF处理最利于果园土壤稳定性和抗蚀性提高,而BF处理最利于荒草地和农田的提高;相关性分析结果表明,果园土壤>0.25 mm团聚体含量几乎与各参数均呈显著正相关,与<0.05 mm团聚体含量呈显著负相关,而荒草地和农田土壤>0.25~2.00 mm团聚体含量与各参数均呈极显著正相关,与<0.25 mm团聚体呈极显著负相关。因此,土壤调理剂主要通过增加>2.00 mm水稳性团聚体含量,复合肥主要通过增加>0.25~2.00 mm水稳性团聚体含量,从而提高团聚体稳定性和抗侵蚀能力。研究结果为不同有机硅功能肥对土壤结构的改良提供了理论参考。

关键词:有机硅功能肥;土地利用方式;土壤团聚体组成;土壤团聚体稳定性;土壤抗蚀性

中图分类号:S158 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)05-0218-07

土壤团聚体是土壤结构的基本单位^[1-2],其数

量和分布反映了土壤结构的稳定性和抗蚀性^[3-4]。土壤水肥气热等性质都与土壤团聚体的稳定性有关^[5-6],稳定的土壤结构既能保水、保肥、提高土壤质量、减少水土流失^[7-8],还利于植物生长和微生物活动^[9]。研究表明,质量良好的土壤一般拥有更稳定的团聚体,因此,土壤团聚体稳定性被广泛作为评价土壤健康状况的重要指标^[10-11]。土壤抗蚀性是指土壤抵抗水的分散和悬浮的能力^[12],与土壤团聚体稳定性密切相关,抗蚀性的大小主要由土粒间

收稿日期:2021-07-01

基金项目:河北省自然科学基金(编号:C2020402022、D2016402029);河北省青年拔尖人才支持计划(第三批);河北省梨产业技术体系土壤耕作与肥水调控岗位。

作者简介:温晓兰(1998—),女,河北邯郸人,硕士研究生,主要从事土壤肥料方面的研究。E-mail:3474728633@qq.com。

通信作者:刘小粉,博士,教授,主要从事绿肥资源综合利用方面的研究。E-mail:liuxiaofenok@126.com。

[8]白永娟,徐炜南,常晓晓,等. 不同碳氮比及氮源对菇渣发酵的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版),2016,42(6):760-768.

[9]单洪涛,宫志远,张昌爱,等. 杏鲍菇渣降盐处理及降盐菇渣基质育苗试验[J]. 蔬菜,2017(10):56-59.

[10]郭世荣. 无土栽培学[M]. 北京:中国农业出版社,2003:423-425.

[11]秦莉,沈玉君,李国学,等. 不同C/N比对堆肥腐熟度和含氮气体排放变化的影响[J]. 农业环境科学学报,2009,28(12):2668-2673.

[12]de Bertoldi M,Vallini G,Pera A. The biology of composting;a review[J]. Waste Management & Research,1983,1(2):157-176.

[13]林志斌,严生仁,林碧英,等. 沸石和微生物菌剂对杏鲍菇菌渣堆肥品质的影响[J]. 亚热带农业研究,2016,12(4):254-259.

[14]夏金利,王岩,董春玲,等. 不同促腐菌剂对园林废弃物堆肥

理化性质和优势微生物群落的影响[J]. 河南农业大学学报,2021,55(3):551-560.

[15]郗丽娟,赵付江,韩晓倩,等. 不同添加物对菇渣发酵效果的影响[J]. 河北农业科学,2016,20(5):36-39,44.

[16]白永娟. 菇渣腐熟发酵条件及其在蔬菜育苗中的应用效果研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2016:24-25.

[17]刘庆华,刘庆超,王奎玲,等. 几种无土栽培代用基质缓冲性研究初报[J]. 中国农学通报,2008,24(2):272-275.

[18]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.

[19]Chong C. Experiences with the utilization of wastes in nursery potting mixes and as field soil amendments[J]. Canadian Journal of Plant Science,1999,79(1):139-148.