

外源微生物对苦参基质化发酵腐熟效果的影响*

冯海萍¹ 曲继松¹ 杨冬艳¹ 张丽娟¹ 郭文忠²

(1. 宁夏农林科学院种质资源研究所, 银川 750002; 2. 国家农业智能装备工程技术研究中心, 北京 100097)

摘要: 为探讨外源微生物对苦参枝屑基质化发酵堆体腐熟效果的影响, 采用随机区组设计, 以干燥鸡粪为氮源, 进行接种外源微生物对苦参枝屑基质化发酵过程中发酵性能参数的影响试验。结果表明: 接种粗纤维降解菌和纤维素类酶制剂堆体升温速度显著快于对照, 高温持续时间较长(高于 50℃, 均达到 5 d), 苦参堆体腐熟时间缩短; 至堆体结束后接种粗纤维降解菌和纤维素类酶制剂堆体 TOC 分别下降了 8.52% 和 8.01%, 碳氮比分别降低 5.35% 和 5.00%, 纤维素质量分数分别下降了 3.31% 和 3.29%, 半纤维素降解率分别下降了 2.89% 和 2.93%, 木质素分别下降了 2.01% 和 1.98%, 总氮分别增加了 18.2% 和 16.1%, 总磷分别增加了 19.0% 和 18.5%, 总钾分别增加了 48.1% 和 49.1%, 加速了苦参基质有机质的分解和纤维素降解, 提高了堆肥腐熟进程中的总氮、总磷和总钾含量, 保证了腐熟后的肥力; 接种粗纤维降解菌和纤维素类酶制剂堆体容重分别增加了 6.10% 和 9.20%, 总孔隙度分别增加了 9.28% 和 9.90%, 持水孔隙度分别增加了 4.83% 和 6.09%, 腐熟后的各项理化指标均符合理想基质的要求; 小白菜和黄瓜种子发芽指数均达到 85% 以上, 有效消除了苦参腐解产物的毒害作用。接种粗纤维降解菌和纤维素类酶制剂堆体的发酵性能参数间无显著差异, 综合基质发酵温度、腐熟周期及基质保护作物根系生长及固定植株的功能对基质各项理化性质的要求, 接种粗纤维降解菌和纤维素类酶制剂对苦参基质堆体基质化促进效果较优。

关键词: 微生物菌剂 苦参基质 发酵 基质养分 腐熟指标

中图分类号: S141.4; S604⁺.7 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2015)01-0192-08

Effects of Exogenous Microorganisms on Fermentation Efficiency of *Sophora Flavescens* Branches for Substrate Production

Feng Haiping¹ Qu Jisong¹ Yang Dongyan¹ Zhang Lijuan¹ Guo Wenzhong²

(1. Institute of Germplasm Resources, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Science, Yinchuan 750002, China

2. National Research Center of Intelligent Equipment for Agriculture, Beijing 100097, China)

Abstract: The study aimed to investigate the effects of exogenous microorganisms on fermentation efficiency of *Sophora flavescens* branches for substrate production. The randomized block design was used with dried chicken manure as the nitrogen source. The effects of exogenous microorganisms on fermentation performance parameters of *Sophora flavescens* branches in substrate production were studied. The results showed that the vaccination crude fiber degrading bacteria inoculation and cellulose enzyme preparation, which had a persistent high temperature (higher than 50℃ and reached to 5 d) and a shorter body decomposition time of *Sophora flavescens*, had a significant temperature increasing speed which faster than CK. At the end of the pile, for the vaccination crude fiber degrading bacteria inoculation and cellulose enzyme preparation, the TOC decreased by 8.52% and 8.01%, C/N ratio decreased by 5.35% and 5.00%, content of cellulose decreased by 3.31% and 3.29%, degradation rate of hemicellulose decreased by 2.89% and 2.93%, lignin content decreased by 2.01% and 1.98%,

收稿日期: 2014-06-06 修回日期: 2014-07-10

*“十二五”国家科技支撑计划资助项目(2014BAD05B02)、宁夏回族自治区自然科学基金资助项目(NZ1228)和宁夏回族自治区宁陕合作项目(2012ZYH110)

作者简介: 冯海萍, 助理研究员, 主要从事设施蔬菜生理与无土栽培研究, E-mail: fenghaiping2005@163.com

通讯作者: 曲继松, 副研究员, 主要从事设施蔬菜栽培生理和设施园艺工程技术研究, E-mail: qujs119@163.com

total nitrogen increased by 16.1% and 18.2%, total phosphorus increased by 18.5% and 19.0%, total potassium increased by 49.1% and 48.1%, respectively, which accelerated the decomposition of organic matter and cellulose, improved the content of total nitrogen, total phosphorus and total potassium and ensured the fertility after maturity. Moreover, with the vaccination crude fiber degrading bacteria inoculation and cellulose enzyme preparation, the pile density increased by 6.10% and 9.20%, the total porosity increased by 9.28% and 9.90%, the water holding porosity increased by 4.83% and 6.09%, respectively. After the maturity, the physical and chemical indicators were in line with the requirements of an ideal matrix. The germination index (GI) of cabbage and cucumber seed were up to more than 85%, eliminating the toxic effects of Sophora decomposing products effectively. There was no significant difference between the performance parameters of vaccination crude fiber degrading bacteria inoculation and cellulose enzyme preparation. Considering the demanding of fermentation temperature, decomposition cycle, crop protected plant root growth and fixed function of the physicochemical properties, the vaccination crude fiber degrading bacteria inoculation and cellulose enzyme preparation had a good promoting effect on Sophora flavescens substrate.

Key words: Microbial agent Sophora flavescens substrate Fermentation Substrate nutrient Maturity index

引言

基质栽培已成为国外现代化温室主要栽培模式。草炭是国内外应用最广泛的园艺基质,但草炭是不可再生资源,大量开采会破坏湿地环境,加剧温室效应^[1]。因此,国内外相关科研人员都在寻求替代草炭基质的研究,国外利用椰子壳、锯末替代草炭作为园艺基质^[2-3],国内以醋糟、棉秆、菇渣和工农业废弃物替代草炭作为园艺基质进行了大量研究^[4-8]。结合实情,利用宁夏本地区的多年生亚灌木豆科植物——苦参枝屑开发一种能补充或替代草炭的基质是非常必要的。前人对木薯、玉米、水稻、小麦等秸秆基质化发酵的研究报道较多^[9-10],但有关苦参枝屑发酵作为栽培基质的研究少见报道。目前关于对苦参生产加工饲料、生物农药、医学临床等综合利用进行了较多研究^[11-15],但苦参茎易木质化,影响作为饲料的适口性和消化率。另外,苦参是豆科作物,来源丰富,可再生,养分含量高,经检测,氮质量比 12.51 g/kg,磷质量比 0.93 g/kg、钾质量比 2.57 g/kg,其在基

质开发方面具有很高的利用价值。如果能将苦参枝屑开发为栽培基质,将给苦参的资源化利用开辟新途径。基质发酵是制作无土栽培基质关键环节之一,如何通过发酵将苦参枝屑转化成栽培基质是本文的研究内容。寻找快速、有效的微生物菌剂是基质发酵核心问题之一。本文将粗纤维降解菌和纤维素类酶制剂应用于苦参枝屑基质发酵中,研究苦参枝屑基质化发酵过程中堆料温度、营养变化及腐熟效果,旨在筛选出快速、有效的苦参枝屑发酵菌剂,为苦参枝屑基质生产和应用提供理论和实践依据。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

于 2012—2013 年连续 2 年在宁夏农林科学院试验基地进行,试验材料有苦参碎屑、鸡粪、粗纤维降解菌(购于广州农冠生物科技有限公司)、纤维素类酶制剂(购于陕西沃德金钥匙生物科技有限公司)和 BM 菌(购于河南宝融生物科技有限公司),苦参碎屑和鸡粪基本性质见表 1。

表 1 物料基本性质

Tab.1 Basic properties of materials

物料名称	含水率/%	pH 值	总氮质量比/(g·kg ⁻¹)	总磷质量比/(g·kg ⁻¹)	总钾质量比/(g·kg ⁻¹)	有机碳质量比/(g·kg ⁻¹)
苦参碎屑	15.42	7.62	12.51	0.93	2.57	412.00
鸡粪	10.16	8.62	24.22	8.68	11.8	126.56

1.2 试验设计

将粉碎(0.5~1 cm)的苦参碎屑装入发酵池(1 m×1 m×1 m),以干燥鸡粪为氮源,试验采用随

机区组设计^[16],共设 5 个处理,分别为 T1、T2、T3、T4 和 T5,以净苦参碎屑(T1)为对照,每个处理设 3 次重复,具体见表 2。微生物菌剂按照菌剂、麸皮质

量比 1:10 混合分 2 次加入,第 1 次在发酵刚开始时加入,第 2 次在发酵 10 d 时结合翻料的同时加入,发酵池底部分别埋设 PVC 管(用于通气或排水),发

酵料混匀后上下覆盖塑料薄膜进行发酵,发酵过程中第 10、20、30、40 天进行通气、翻堆,适时监测发酵堆体水分,调节并保持含水率在 60% 左右。

表 2 物料发酵处理设置

Tab.2 Fermenting treatments of experiment

处理	物料组分	碳氮比	苦参碎屑质量/kg	鸡粪质量/kg	微生物菌剂质量/g
T1 (CK)	苦参	32.96	150		
T2	苦参 + 鸡粪 + 纤维素类酶制剂	25	150	30.20	80
T3	苦参 + 鸡粪 + 粗纤维降解菌	25	150	30.20	80
T4	苦参 + 鸡粪 BM 菌	25	150	30.20	80
T5	苦参 + 鸡粪	25	150	30.20	

1.3 取样方法

发酵过程中,于第 0、10、20、40 天对发酵堆体取样,取样方法为:在物料翻堆前取每个重复的中心物料约 250 g,装入无菌密封袋,待实验室测定用。

1.4 试验测定指标与方法

1.4.1 温度测定

温度用 LCD-9385 型便携式数字温度计测定,每隔 2 d 测定 1 次堆体中心温度,同时测定环境温度。

1.4.2 养分及纤维素测定

总有机碳、总氮、总磷和总钾参照鲍士旦^[17-18]所用方法测定。纤维素、木质素、半纤维素含量参照薛惠琴^[19]所用方法测定。

1.4.3 物理性状指标测定

将基质加满至一定体积(V)的环刀(环刀质量 W_0)中,水中浸泡 24 h 后,称质量(W_1),水分自由沥干后再称质量(W_2),放入干燥箱内干燥至质量恒定后称质量(W_3),可得^[17,20]

$$W_d = \frac{W_3 - W_0}{V}$$

$$W_t = \frac{W_1 - W_3}{V} \times 100\%$$

$$W_a = \frac{W_1 - W_2}{V} \times 100\%$$

$$W_p = W_t - W_a$$

$$W_{a-p} = \frac{W_a}{W_p}$$

式中 W_d ——干体积质量 W_t ——总孔隙度
 W_a ——通气孔隙度 W_p ——持水孔隙度
 W_{a-p} ——气水比

1.4.4 发芽指数(GI)的测定

堆体样品与蒸馏水按质量比 1:10 浸提 1 h 后,在室温条件下,3 000 r/min 离心 30 min,取浸提液(上清液)8 mL 加到铺有 2 层滤纸的培养皿中,每培养皿均匀放入 30 粒黄瓜(小白菜)种子,以蒸馏

水为对照,每个样品 3 次重复。在 25℃ 黑暗的培养箱中培养(黄瓜 72 h,小白菜 20 h)后,然后按照公式计算发芽指数^[21]

$$R_{GI} = \frac{R_{TY}L_{TC}}{R_{KY}L_{KG}} \times 100\%$$

式中 R_{TY} ——处理的发芽率 L_{TC} ——处理的根长
 R_{KY} ——对照的发芽率
 L_{KG} ——对照的根长

1.5 数据处理方法

采用 DPS 7.05 软件对试验数据进行方差分析、多重比较(Duncan 新复极差法),采用 Microsoft Office Excel 2003 进行数据处理和图表绘制。

2 结果与分析

2.1 外源微生物对苦参基质堆体温度的影响

温度的变化是表征堆体发酵过程有效性的一个重要指标,可以反映微生物活动情况以及发酵情况^[22]。

图 1 可以看出苦参基质在整个发酵过程中经历了升温期、高温期和降温期而逐渐趋近于环境温度,各处理堆体的温度都随着发酵时间延长呈逐渐降低的趋势。发酵前 5 d 温度上升很快,为升温期,其中 T2、T3、T4 和 T5 的升温速度均大于 CK,且比 CK 提前 2 d 达到 50℃;第 5 天进入高温期(50℃),T2、

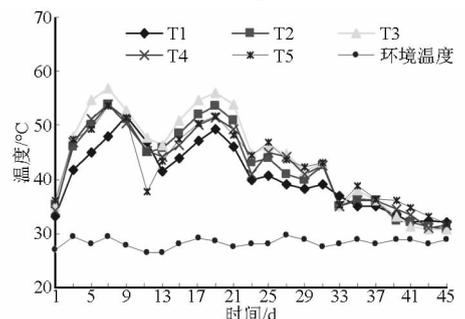


图 1 不同处理基质对堆体温度变化的影响
 Fig.1 Effect of different treatments on substrate pile temperature variation

T3、T4 和 T5 处理均在第 7 天达到了最高温度,CK 在第 9 天达到,尽管第 10 天、20 天、30 天翻堆后温度又上升,但均没有达到之前的最高温度,且最高温度逐渐降低,对比各堆体的最高温度可见,T2、T3、T4 和 T5 处理的温度显著高于 CK,5 个处理堆温保持在 50℃ 以上的时间依次为 2、5、5、4、4 d,说明接种外源微生物能提前并延长高温期;20 d 以后堆温逐渐趋于环境温度进入降温期。相比而言,T2 和 T3 的苦参枝屑堆腐处理效果最好。

2.2 外源微生物对苦参基质总有机碳和碳氮比变化的影响

碳源是微生物利用的能源,在发酵过程中,碳源被消耗,转化成二氧化碳和腐殖质物质^[23];碳氮比是堆体腐熟度的重要指标,堆腐产品碳氮比降为 (15~20):1 时,可以认为堆体腐熟^[24]。

图 2 可以看出各处理的总有机碳和碳氮比均随着发酵的进行而逐渐降低,但降低的速度不同,接种

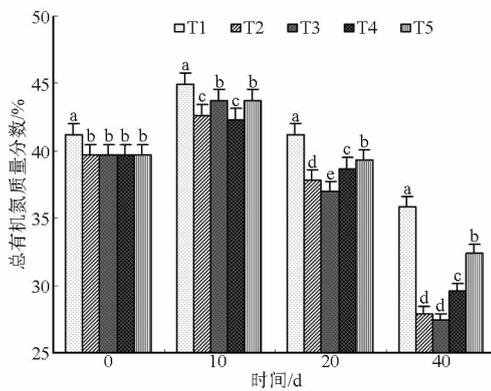


图 2 不同处理基质对堆体总有机碳和碳氮比变化的影响

Fig. 2 Effect of different treatments on substrate pile total organic carbon and carbon-nitrogen ratio variation

2.3 外源微生物对苦参基质养分含量变化的影响

氮源是微生物的营养物质,在发酵过程中,氮以氨气的形式散失,或变为硝酸盐和亚硝酸盐、或是由生物体同化吸收。试验结果如图 3、4 所示,处理的总氮(TN)、总磷(TP)和总钾(TK)均随发酵的进行总体呈现增加趋势,但增加速度不同,添加鸡粪和接种微生物显著提高了堆体腐熟进程中的 TN、TP 和 TK 质量分数。至堆体结束后各处理 TN 质量分数分别为 2.013%、2.174%、2.195%、2.133%、2.108%,TP 质量分数分别为 1.550%、1.735%、1.740%、1.729%、1.715%,TK 质量分数分别为 6.702%、7.192%、7.183%、7.081%、7.012%,添加鸡粪处理 T5 较纯苦参碎屑处理 T1,TN、TP 和 TK 质量分数分别增加了 9.50%、16.5% 和 31.0%,接种外源微生物处理 T2、T3 和 T4 的 TN、TP 和 TK 质量分数分别增加了 16.1%、18.2%、12.0%、18.5%、19.0%、17.9%、49.1%、48.1%、37.9%,以 T3 处理

外源微生物可以显著加快总有机碳和碳氮比的降低,且降解速度均快于对照;至堆体腐熟后各处理碳氮比分别为 17.83、12.83、12.48、13.87 和 15.37,各处理都满足堆体腐熟要求,其中以 T3 处理降解速度最快,其次是 T2,显著快于其他处理,且两处理间无显著差异;另外,至堆体 20 d,添加鸡粪和接种外源微生物处理的 T2、T3、T4 和 T5 较纯苦参粉碎物处理 T1,碳氮比分别降低了 3.41%、4.21%、2.51% 和 1.91%,至堆体腐熟后各处理总有机碳质量分数分别为 35.9%、27.9%、27.4%、29.6% 和 32.4%,较纯苦参粉碎物处理 T1,总有机碳分别降低了 8.01%、8.52%、6.31% 和 3.48%,其中以接种外源微生物处理 T3 下降速率最快,其次是 T2,显著快于其他处理,且两处理间无显著差异,主要是因为堆腐过程中微生物利用堆料中的有机碳不断分解,微生物活性增强,有机碳分解为 CO₂,挥发损失相应增加^[25]。

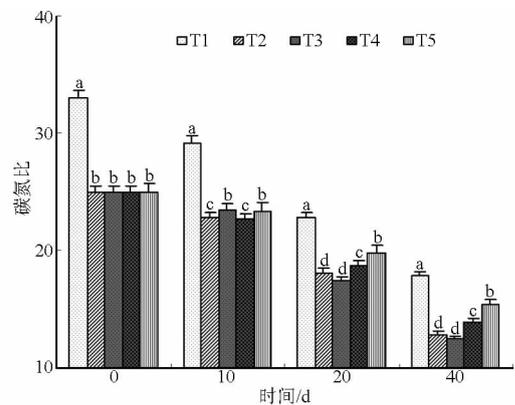


图 3 不同处理基质对堆体总氮的影响

Fig. 3 Effect of different treatments on substrate total nitrogen

的 TN、TP 和 TK 增加最多,其次是 T2,均显著高于 T1 处理,且两处理间无显著差异;相比而言,以 T2 和 T3 处理效果较优。

2.4 外源微生物对苦参基质纤维素含量变化的影响

各处理堆肥过程中各组堆料纤维素、半纤维素和木质素含量的变化情况如表 3 所示,至堆肥结束

时,各处理的纤维素、半纤维素和木质素含量均低于处理前,各处理纤维素降解率均在30%以上,半纤维素降解率在39%以上,木质素降解率在15%以上,添加鸡粪和接种微生物处理纤维素降解率均在40%以上,半纤维素降解率均在44%以上,木质素降解率无呈现有规律的变化,但仍以T2和T3处理降解率为较高,方差分析和多重比较结果表明,各处理的纤维素、半纤维素和木质素含量与纯苦参T1处理间的差异达极显著水平,以接种外源微生物处理

T3的纤维素、半纤维素和木质素质量分数最低,其次是T2,较纯苦参粉碎物处理T1,其纤维素、半纤维素和木质素质量分数分别下降了3.31%和3.29%,半纤维素降解率分别下降了2.89%和2.93%,木质素降解率分别下降了2.01%和1.98%,且两处理间无显著差异,但均与其他处理存在显著或极显著差异,说明添加鸡粪和接种微生物有利于苦参基质纤维素、半纤维素和木质素降解,其中以接种外源微生物T2和T3效果为最好。

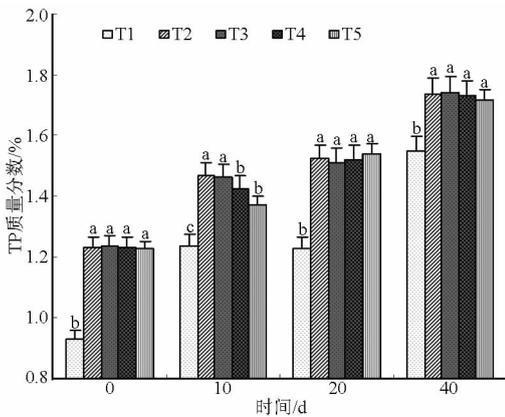


图4 不同处理基质对堆体总磷和总钾的影响

Fig.4 Effect of different treatments on substrate pile total phosphorus and total potassium

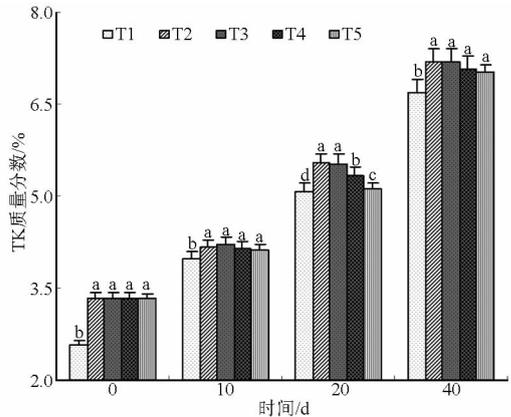


表3 不同处理基质腐熟后纤维素含量变化

Tab.3 Cellulose content variations of different treatments substrate after composting

处理	纤维素			半纤维素			木质素		
	发酵前质量分数	发酵后质量分数	降解率	发酵前质量分数	发酵后质量分数	降解率	发酵前质量分数	发酵后质量分数	降解率
T1	25.80	17.53 + 1.04 ^{Aa}	32.07	23.37	14.17 + 0.98 ^{Aa}	39.35	24.78	20.12 + 1.14 ^{Aa}	18.81
T2	26.27	14.14 + 1.05 ^{Cc}	46.16	22.24	11.24 + 0.98 ^{Cc}	49.48	23.53	18.14 + 1.13 ^{Cc}	22.91
T3	26.16	14.22 + 1.04 ^{Cc}	45.64	22.12	11.28 + 0.95 ^{Cc}	49.01	23.36	18.11 + 1.11 ^{Cc}	22.05
T4	26.24	15.07 + 1.03 ^{Bb}	42.56	22.56	12.22 + 1.01 ^{Bb}	45.82	23.41	19.24 + 1.11 ^{Bb}	17.81
T5	26.31	15.31 + 1.04 ^{Bb}	41.82	22.43	12.35 + 0.98 ^{Bb}	44.95	23.67	19.79 + 1.12 ^{Bb}	16.39

注:多重比较采用 Duncan 新复极差法,小写字母表示在0.05水平上显著,大写字母表示在0.01水平上显著。

2.5 外源微生物对苦参基质物理性状变化的影响

基质通常可分为固体、气体、液体3部分。固体部分的作用主要是保护作物根系生长及固定植株,液体部分供应作物水分和养分,气体部分保持根系同外界的氧气与二氧化碳的交换。固体部分品质的好坏以质量浓度表示。由表4可知,添加鸡粪和接种微生物有增加苦参基质容重的趋势,显著增加了腐熟后堆肥的总孔隙度和持水孔隙度。至发酵结束后添加纯鸡粪T5处理与纯苦参T1处理相比,容重增加了6.10%,总孔隙度增加了8.1%,持水孔隙度增加了5.1%,接种微生物处理T2、T3和T4与纯苦参T1相比,容重分别增加了6.10%、9.20%和6.70%,总孔隙度分别增加了9.28%、9.90%和8.31%,持水孔隙度分别增加了4.83%、6.09%和3.71%,显著高于处理T1,而接种外源微生物处理

间差异不显著。一般认为,理想基质的质量浓度为0.1~0.8 g/cm³^[26],最佳质量浓度为0.5 g/cm³,文献^[27]认为是0.4 g/cm³,总孔隙度在70%~90%,通气孔隙在20%左右,气水比(通气孔隙/持水孔隙)在1:2~1:4间^[28-29]。由表1可见,按照以上衡量基质的标准,在发酵结束时,几种处理(包括对照)的物理性质均符合理想基质的要求。但考虑到基质保护作物根系生长及固定植株的功能对基质容重的要求,认为处理T2和T3腐熟的基质更适合作物栽培。

2.6 苦参基质的浸提液对种子发芽指数的影响

农作物秸秆经过发酵后会产生一些具有植物毒性的物质,它们会抑制种子发芽和植物生长。发芽指数(GI)是判断腐解产物腐熟效果及对植物毒性的一种直接、快速的指标^[30]。Zucconi等^[31]认为,

表 4 不同处理基质腐熟后的物理性质

Tab. 4 Physical properties of different treatment substrate after composting

处理	干质量浓度/(g·cm ⁻³)	湿质量浓度/(g·cm ⁻³)	总孔隙度/%	持水孔隙/%	通气孔隙/%	气水比
T1	0.22 ± 0.012 ^{bB}	0.54 ± 0.04 ^{bB}	73.94 ± 2.26 ^{bB}	58.37 ± 2.21 ^{bB}	15.57 ± 1.08 ^{bB}	0.27 ± 0.02 ^{cC}
T2	0.28 ± 0.010 ^{aA}	0.60 ± 0.04 ^{aA}	83.22 ± 2.17 ^{aA}	63.20 ± 2.09 ^{aA}	20.02 ± 1.13 ^{aA}	0.32 ± 0.03 ^{aA}
T3	0.31 ± 0.010 ^{aA}	0.60 ± 0.03 ^{aA}	83.84 ± 2.37 ^{aA}	64.46 ± 2.13 ^{aA}	19.38 ± 1.15 ^{aA}	0.30 ± 0.03 ^{aA}
T4	0.29 ± 0.009 ^{aA}	0.56 ± 0.03 ^{bAB}	82.25 ± 2.21 ^{aA}	62.07 ± 2.11 ^{aA}	20.18 ± 1.14 ^{aA}	0.33 ± 0.02 ^{aA}
T5	0.28 ± 0.009 ^{aA}	0.56 ± 0.04 ^{bAB}	81.96 ± 2.22 ^{aA}	63.44 ± 2.14 ^{aA}	18.52 ± 1.17 ^{aA}	0.29 ± 0.02 ^{bAB}
理想基质	0.1 ~ 0.8	0.1 ~ 0.8	70 ~ 90		20 左右	0.25 ~ 0.50

注:多重比较采用 Duncan 新复极差法,小写字母表示在 0.05 水平上显著,大写字母表示在 0.01 水平上显著。

如果,GI 大于 50%,则可认为基本腐熟,基本无毒性,当 GI 达到 80%~85%时,这种堆体就可以认为已经完全腐熟,对植物没有毒性。由图 5 可知,添加鸡粪与接种微生物显著促进了堆体过程中种子发芽指数的提高。至发酵结束后,各处理小白菜种子 GI 分别为 88.59%、93.33%、94.67%、93.59% 和 93.14%,黄瓜种子 GI 分别为 87.26%、92.86%、93.24%、92.04% 和 91.86%,各处理种子 GI 均大于 85%,说明不同处理的发酵苦参基质的浸提液均不会对种子的发芽产生毒害作用。经方差分析和多重比较,添加鸡粪与接种微生物处理的种子 GI 与纯苦参 CK 处理间差异达显著水平,以 T3 处理的种子 GI 最高,其次是 T2,均与其他处理差异达显著水平,而 2 处理间无显著差异,相比而言,以 T2 和 T3 处理对苦参基质堆体种子 GI 的促进效果较优。

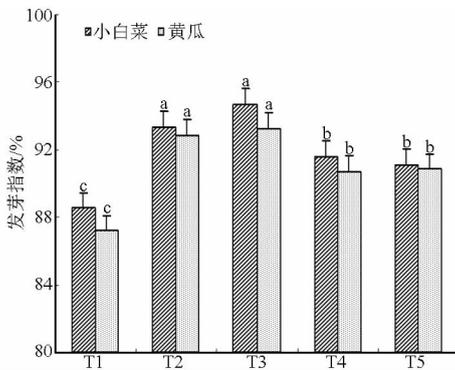


图 5 不同处理对种子发芽指数的影响

Fig. 5 Effect of different treatments on GI

3 结论

(1)从苦参枝屑基质的腐熟速度来看,接种粗

纤维降解菌和纤维素类酶制剂堆体的升温速度快,高温持续时间较长(高于 50℃,均达到 5 d),堆体 TOC、碳氮比、纤维素、半纤维素和木质素降解率较高,苦参堆体腐熟时间缩短,加速了苦参基质有机质的分解和纤维素降解,2 种微生物菌剂间无显著差异。

(2)从苦参枝屑基质腐熟后的理化特性来看,添加鸡粪和接种微生物显著提高了苦参堆体腐熟进程中的 TN、TP 和 TK 含量,至堆体结束后,接种粗纤维降解菌和纤维素类酶制剂显著增加了堆体的总氮含量,提高了堆体总磷和总钾含量,但未达到显著水平,且两种微生物菌剂间无显著差异;至发酵结束时,几种处理(包括对照)的物理性质均符合理想基质的要求。但考虑到基质保护作物根系生长及固定植株的功能对基质容重的要求,认为 T2 和 T3 处理腐熟的基质更适合作物栽培。

(3)从苦参枝屑基质腐解产物腐熟效果来看,几种处理(包括对照)基质的浸提液均不会对种子的发芽产生毒害作用。接种粗纤维降解菌和纤维素类酶制剂显著加快堆体过程中种子发芽指数的提高,且两处理间差异不显著,相比而言,以 T2 和 T3 处理对苦参基质堆体种子发芽指数的促进效果较优。

(4)对比苦参枝屑几种处理的基质化过程,以接种粗纤维降解菌和纤维素类酶制剂 2 个处理堆体发酵温度最高、腐熟速度最快、腐熟后的基质理化性质最适合作物栽培。因此,可以在这 2 种处理下进一步细化研究,以这 2 种处理发酵得到的材料作为基质进行蔬菜栽培的效果需进一步研究。

参 考 文 献

- 刘永河. 泥炭栽培基质是欧洲可持续园艺业的前提[J]. 腐殖酸, 2002(4): 38-42.
Liu Yonghe. Peat growing media is a prerequisite for sustainable horticulture industry in Europe[J]. Humic, 2002(4): 38-42. (in Chinese)
- Awany Y, Ismail M. The growth and flowering of some annual ornamentals on coconut dust[M]// ISHS Acta Horticulturae 450: International Symposium Growing Media and Plant Nutrition in Horticulture, 1997, 450: 31-38.
- Gruda N, Schnitzler W H. Suitability of wood fiber substrates for production of vegetable transplants[J]. Scientia Horticulturae, 2004, 100(1-4): 333-340.

- 4 朱咏莉,李萍萍,赵青松,等.不同配比醋糟有机基质氮素有效性与黄瓜生长的关系[J].土壤通报,2011,10(42):1184-1188
Zhu Yongli, Li Pingping, Zhao Qingsong, et al. Correlation between nitrogen availability of different proportions of vinegar residue-based container medium and cucumber growth[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2011, 10(42): 1184-1188. (in Chinese)
- 5 张晔,余宏军,杨学勇,等.棉秆作为无土栽培基质的适宜发酵条件[J].农业工程学报,2013,29(12):210-217.
Zhang Ye, Yu Hongjun, Yang Xueyong, et al. Favorable conditions of cotton straw composting using as soilless culture substrate[J]. Transactions of the CSAE, 2013, 29(12): 210-217. (in Chinese)
- 6 孙治强,赵永英,倪相娟.花生壳发酵基质对番茄幼苗质量的影响[J].华北农学报,2003,18(4):86-90.
Sun Zhiqiang, Zhao Yongying, Ni Xiangjuan. Effect of fermented peanut shells substrates on tomato seedling[J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2003, 18(4): 86-90. (in Chinese)
- 7 仲海洲.利用废弃生物质开发水稻育秧基质及其应用效果研究[D].杭州:浙江大学,2013.
Zhong Haizhou. Study on utilization of biomass waste to develop rice seedling substrate[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2013. (in Chinese)
- 8 贺满桥.蘑菇栽培废弃物的生物转化及在蔬菜育苗基质中应用[D].杭州:浙江大学,2012.
He Manqiao. The research on biological fermentation and application of mushroom castoff in vegetable nursery substrate[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2012. (in Chinese)
- 9 李光义,李勤奋,张晶元.木薯茎秆基质化的堆肥工艺及评价[J].农业工程学报,2011,27(1):320-325.
Li Guangyi, Li Qinfen, Zhang Jingyuan. Process and assessment of organic substrate production by cassava stalk compost [J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(1): 320-325. (in Chinese)
- 10 翟修彩,刘明,李忠佩,等.不同添加剂处理对水稻秸秆腐解效果的影响[J].中国农业科学,2012,45(12):2412-2419.
Zhai Xiucui, Liu Ming, Li Zhongpei, et al. Effect of different additives on decomposition of rice straw[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2012, 45(12): 2412-2419. (in Chinese)
- 11 蔡伟.植物源农药苦参生物杀虫剂的研究进展[J].农业科技与信息,2012(19):51-53.
- 12 田本志,赵奇,胡兰,等.生物农药2%苦参碱水剂对菜青虫的防治效果[J].世界农药,2009,31(6):34-36.
Tian Benzhi, Zhao Qi, Hu Lan, et al. Field experiment of 2% matrine SL against imported cabbage worm, pieris rapae in cabbage[J]. World Pesticides, 2009, 31(6): 34-36. (in Chinese)
- 13 董玲娜.(氧化)苦参碱与去甲乌药碱药代动力学特征与代谢机理[D].广州:南方医科大学,2013.
Dong Lingna. The pharmacokinetics and metabolism of matrine, oxymatrine and higenamine[D]. Guangzhou: Southern Medical University, 2013. (in Chinese)
- 14 周光玉.苦参碱在畜禽疾病防治中的应用研究进展[J].中国畜牧杂志,2011(12):66-69.
Zhou Guangyu. Research progress of matrine in animal disease control[J]. Chinese Journal of Animal Science, 2011(12): 66-69. (in Chinese)
- 15 王秀满,边金刚,宁淑兰,等.饲料中添加苦参对育肥猪增重效果的影响[J].畜牧与兽医,2002,34(17):29-31.
- 16 盖钧镒.试验统计方法[M].北京:中国农业出版社,2000:227-232.
- 17 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,2000.
- 18 汪开英,张匀,朱晓莲.畜禽废弃物的基质化处理研究[J].浙江大学学报:农业与生命科学版,2005,31(5):598-602.
Wang Kaiying, Zhang Yun, Zhu Xiaolian. Study on organic substrate production by composting swine manure[J]. Journal of Zhejiang University: Agriculture & Life Sciences, 2005, 31(5): 598-602. (in Chinese)
- 19 惠琴,杭怡琼,陈谊.稻草秸秆中木质素、纤维素测定方法的研讨[J].上海畜牧兽医通讯,2001(2):15.
- 20 李谦盛,裴晓宝,郭世荣,等.复配对芦苇末基物理性状的影响[J].南京农业大学学报,2003,26(3):23-26.
Li Qiansheng, Pei Xiaobao, Guo Shirong, et al. Effect of mixing on the physical properties of reed residue substrate[J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2003, 26(3): 23-26. (in Chinese)
- 21 李谦盛.芦苇末基质的应用基础研究及园艺基质质量标准的探讨[D].南京:南京农业大学,2003.
Li Qiansheng. The study on application basics of reed residue substrate and discussion on the quality standard of horticultural substrate[D]. Nanjing Agricultural University, 2003. (in Chinese)
- 22 喻晓,冯其林,项昌全.有机垃圾快速无臭化发酵菌筛选及中试研究[J].环境卫生工程,1998,6(3):88-98.
Yu Xiao, Feng Qilin, Xiang Changquan, et al. Screening microbial strains for municipal refuse fast fermentation and its medium test [J]. Environmental Sanitary Science Research Institute, 1998, 6(3): 88-98. (in Chinese)
- 23 郑金生,权桂芝,石磊,等.不同氮源的甘草渣基质发酵效果研究[J].新疆农业科学,2008,45(6):1064-1066.
Zheng Jinsheng, Quan Guizhi, Shi Lei, et al. Effects of different nitrogen resources on liquorice dregs substrate fermentation[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2008, 45(6): 1064-1066. (in Chinese)
- 24 黄懿梅,苟春林,梁军峰.两种添加剂对牛粪秸秆堆肥化中氮素损失的控制效果探讨[J].农业环境科学学报,2008,27(3):1219-1225.
Huang Yimei, Gou Chunlin, Liang Junfeng. Effect of two amendments on nitrogen loss from composting of cattle manure and corn straw[J]. Journal of Agro-Environment Science, 2008, 27(3): 1219-1225. (in Chinese)
- 25 闫爱博,李淑芹,钟子楠,等.温度及调理剂对模拟猪粪堆肥过程中CO₂释放规律的影响[J].东北农业大学学报,2009,

- 40(4): 45 - 47.
- Yan Aibo, Li Shuqin, Zhong Zinan, et al. Effect of temperature, bulking agent and inoculants on CO₂ released during pig manure composting[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2009, 40(4): 45 - 47. (in Chinese)
- 26 连兆煌, 李式军. 无土栽培原理与技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994.
- 27 程斐, 孙朝晖, 赵玉国, 等. 芦苇末有机栽培基质的基本理化性能分析[J]. 南京农业大学学报, 2001, 24(3): 19 - 22.
- Cheng Fei, Sun Zhaohui, Zhao Yuguo, et al. Analysis of physical and chemical properties of reed residue substrate[J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2001, 24(3): 19 - 22. (in Chinese)
- 28 李天林, 沈宾, 李红霞. 无土栽培中基质培选料的参考因素与发展趋势(综述)[J]. 石河子大学学报: 自然科学版, 1999, 3(3): 151 - 159.
- Li Tianlin, Shen Bin, Li Hongxia. Reference factors for selecting substrate components and their future trends[J]. Journal of Shihezi University: Natural Science, 1999, 3(3): 151 - 159. (in Chinese)
- 29 蒋卫杰, 杨其常. 小康之路·无土栽培特选项目与技术[M]. 北京: 科学普及出版社, 2008: 46 - 52.
- 30 Zucconi F, Monaao A, Forte M, et al. Phytotoxins during the stabilization of organimatter[M]. London: Elsevier Applied Science Publication, 1985.
- 31 Morel T L, Colin F, Germon J C, et al. Methods for the evaluation of the maturity of municipal refuse compost[M]. London & New York: Elsevier Applied Science Publish, 1985.

(上接第 184 页)

- 14 Hu B, Yu S H, Wang K, et al. Functional carbonaceous materials from hydrothermal carbonization of biomass: an effective chemical process[J]. Dalton Transactions, 2008(40): 5414 - 5423.
- 15 Bobleter O. Hydrothermal degradation of polymers derived from plants[J]. Progress in Polymer Science, 1994, 19(5): 797 - 841.
- 16 Garrote G, Dominguez H, Parajo J C. Hydrothermal processing of lignocellulosic materials[J]. Holzals Roh-und Werkstoff, 1999, 57: 191 - 202.
- 17 王丽, 张蓬洲. 煤的 XRD 的结构分析[J]. 煤炭转化, 1997, 20(1): 50 - 53.
- Wang L, Zhang P Z. XRD study of coal structure[J]. Coal Conversion, 1997, 20(1): 50 - 53. (in Chinese)
- 18 张玉贵, 曹升玲, 谢克昌. 煤结构演化煤化度指标[J]. 煤炭转化, 2007, 30(4): 1 - 4.
- Zhang Y G, Cao S L, Xie K C. Coalification degree index changed in coal structure evolution[J]. Coal Conversion, 2007, 30(4): 1 - 4. (in Chinese)
- 19 Tiquia S M. Evaluation of organic matter and nutrient composting of partially decomposed and composted spent pig litter[J]. Environmental Technology, 2003, 24(3): 97 - 107.
- 20 Chen Y, Chefetz B, Hadar Y. Formation and properties of humic substance originating from composts[M]. Eliot Epstein. The Science of Composting. London: CRC Press, 1996: 383 - 393.
- 21 杨鹏, 朱岩, 杜连柱, 等. 蔬菜废弃物好氧发酵腐殖液肥料化试验[J]. 农业机械学报, 2013, 44(12): 164 - 168, 119.
- Yang Peng, Zhu Yan, Du Lianzhu, et al. Fertilizer experiment of vegetable waste aerobic fermentation percolate[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013, 44(12): 164 - 168, 119. (in Chinese)
- 22 黄昌勇. 土壤学[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2010.