

油茶壳基质化腐熟技术研究

罗健¹, 谭晓风^{1*}, 彭彦²

(1. 中南林业科技大学 经济林育种与栽培国家林业局重点实验室 湖南 长沙 410004; 2. 国家林业局 桉树研究开发中心 广东 湛江 524022)

摘要: 为降低轻型基质育苗成本, 寻找一种适合苗木生长的替代有机基质。以油茶壳为原材料, 通过正交试验设计添加不同的氮源和微生物菌剂及不同的碳氮比进行油茶壳腐熟发酵试验, 分析油茶壳基质理化性质的变化。结果表明: 油茶壳堆沤发酵 50 d 可完成腐熟; 腐熟后碳氮比降低, EM 菌对碳氮比降低最明显, 使碳氮比降到 20:1 以下, 其中 7 号处理降到 14.5:1; 氮源是影响油茶壳腐熟发酵的主要因素, 复合肥对孔隙度、pH 值、电导率的影响较明显, 能有效地促进油茶壳腐熟; EM 菌比酵素菌和金宝贝发酵菌腐熟效果好, 但差异不显著; 起始碳氮比对油茶壳发酵腐熟影响不大。得出: 以复合肥为氮源、EM 菌为微生物菌剂用来作油茶壳基质化腐熟效果好, 腐熟完全且成本低, 满足育苗要求。

关键词: 油茶壳; 基质; 腐熟

中图分类号: S794.408 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2011)04-0712-07

A Study on the Composting Technology for Camellia Shell Medium

LUO Jian¹, TAN Xiao-feng^{1*}, PENG Yan²

(1. The Key Lab. of Non-wood Forest Products of State Forestry Administration, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, China; 2. China Eucalypt Research Center, Guangdong Province, Zhanjiang 524022, China)

Abstract: In order to reduce the cost of raising seedlings in light medium and look for a substitute organic medium which is fit for growth of nursery stock, the study used camellia shell as raw material, through orthogonal experiment design with different nitrogen sources and microbes and different carbon nitrogen ratios on camellia shell composting tests, to analyze the physicochemical changes of camellia shell medium. The result showed that camellia shell required 50 day's fermentation to decompose thoroughly, the carbon nitrogen ratio reduced after thorough decomposition, especially EM bacteria had the most obvious effect on that ratio, which decreased the carbon nitrogen ratio to below 20:1, and the ratio of the seventh test was under 14.5:1; nitrogen source was the main factor in camellia shell composting, and compound fertilizer affected the void ratio, pH, EC obviously and promoted camellia shell compost effectively; the composting effect of EM bacteria was better than that of BYM and Gymboree fermentation bacteria, but the difference was small; the starting carbon nitrogen ratio had small effect on camellia shell compost. So it can be concluded that compound fertilizer is a good nitrogen source and EM bacteria is a good microbe in composting camellia shell medium, and in which the decomposition is full and the cost is low, meeting the requirements of seedling raising.

Key words: camellia shell; medium; compost

收稿日期: 2011-01-20 修回日期: 2011-04-15

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划(2009BADB1B02)

作者简介: 罗健(1985—) 男, 硕士生, 主要从事经济林栽培育种研究, E-mail: znlj@163.com; * 通讯作者: 谭晓风, 教授, 博士, E-mail: tanxiaofeng@yahoo.com.cn。

泥炭土是一种良好的无土栽培基质且在国内应用广泛,但全球泥炭土资源有限,在短期内是一种不可再生资源。随着各项法律法规的出台,泥炭土的开发利用日益受到制约,研发新的无土栽培基质来取代泥炭土是一种必然发展趋势^[1-2]。农林有机废弃物种类繁多,数量巨大,分布广泛,廉价易得,对环境无污染,是较好的栽培基质原料。农林有机废弃物中含有的不稳定物质和有害物质经过特定的工艺处理后,可应用于作物栽培^[3]。目前有机废弃物的处理方法以堆制发酵即腐熟堆沤为主,通过堆制发酵应用于花卉苗木无土栽培的农林有机废弃物有木屑^[4]、树皮^[5]、甘蔗渣^[6]、花生壳^[7]、椰糠^[8]等。油茶壳是油茶果加工茶油的副产物,包括茶果壳和茶籽壳两部分,全国每年产油茶壳约1 000多万t^[9-11],油茶壳可以用来制备活性炭,提取棕色素、多糖、黄酮等。张党全等^[12]采用Py-GC/MS联机技术研究油茶壳高品位资源化的利用,结果表明,油茶壳热解产物富含名贵生物医药、名贵香料成分,副产物不仅可用于高档化妆品和护肤品,还可用于生物能源以及食品、染料、工业溶剂等的原料。目前,生产上油茶壳用于加工的比例并不大,大部分油茶壳当作燃料被烧掉,造成极大的资源浪费。因此,本研究通过添加不同的氮源和微生物菌剂对油茶壳进行堆沤发酵处理,探索油茶壳基质化腐熟技术,使之腐熟后能够应用于苗木繁育,为苗木繁育节约资源和降低成本提供理论依据和技术指导。

1 材料与方 法

1.1 材 料

试验原料为油茶果壳,收购于永兴县湘阴渡及周边各乡镇农户家;猪粪来自于永兴县湘阴渡养猪场;尿素来自于湖南宜化化工有限责任公司;复合肥来自于俄罗斯特隆赫姆化肥进出口有限公司;EM菌(Effective Micro-organisms)来自于广州市三兴生物技术有限公司;金宝贝发酵菌来自于北京华夏康源科技有限公司;酵素菌来自于大连华天农牧开发有限公司。

1.2 方 法

1.2.1 试验方案 试验于2010年6月23日至8月22日在湖南金浩茶油股份有限公司永兴油茶育苗基地进行。试验采用好氧高温发酵工艺,露天进行基质堆沤发酵,雨天覆盖塑料膜防水,堆体升温后每10 d进行翻堆1次。所用油茶壳含碳量为45.75%、含氮量为1.177%,C/N值为38.87,采用正交试验设计,添加不同氮源和不同微生物菌剂促进基质的发酵,详见试验因素和水平表(表1)和正交试验设计表 $L_9(3^4)$ (表2)。

本腐熟发酵试验共9个处理,每个处理所用油茶壳体积为4 m³。风干油茶壳的初始含水率为12.9%,须将油茶壳的含水率调至65%左右。添加的氮源为尿素、复合肥、猪粪,微生物菌剂为EM菌、酵素菌、金宝贝发酵菌,通过调节添加氮源量来控制碳氮比。具体添加氮源和微生物菌剂量见表3。

1.2.2 测定指标及数据分析 每天18:00左右用电热偶温度计进行基质堆体温度的测量,每次翻堆之

表1 油茶壳腐熟试验因素和水平

Tab.1 Factors and levels table of camellia shell composting experiment

水平\因素 Levels factors	N源 N source	微生物菌剂 Microbes	C/N比 C/N ratio
1	尿素	EM菌	25:1
2	猪粪	酵素菌	30:1
3	复合肥	金宝贝	35:1

表2 正交试验设计 $L_9(3^4)$

Tab.2 Orthogonal experimental design $L_9(3^4)$

处理号 Treatment	N源 N source	微生物菌剂 Microbes	C/N比 C/N ratio
1	1(尿素)	1(EM菌)	1(25:1)
2	1(尿素)	2(酵素菌)	2(30:1)
3	1(尿素)	3(金宝贝)	3(35:1)
4	2(猪粪)	1(EM菌)	2(30:1)
5	2(猪粪)	2(酵素菌)	3(35:1)
6	2(猪粪)	3(金宝贝)	1(25:1)
7	3(复合肥)	1(EM菌)	3(35:1)
8	3(复合肥)	2(酵素菌)	1(25:1)
9	3(复合肥)	3(金宝贝)	2(30:1)

表3 正交试验安排表

Tab.3 Arrangement table of orthogonal experimental design

处理号 Treatment	油茶壳体积 Camellia shell volume	尿素 CO(NH ₂) ₂	猪粪 Pig manure	复合肥 Compound fertilizer	EM 菌 EM microbes	酵素菌 BYM	金宝贝 Gymboree microbes
1	4	9.25			3.75		
2	4	4.90				4	
3	4	1.80					2
4	4		291.43		3.75		
5	4		90.98			4	
6	4		734.62				2
7	4			4.15	3.75		
8	4			21.23		4	
9	4			11.27			2

表中单位均为 m³ 和 kg。The unit is m³ or kg in this table.

前在每个堆体中心下部 30 cm 处选 3 个点取样并混在一起,每堆取样量 800 g 左右,带回实验室进行理化性质分析。测定指标:容重、最大持水量、总孔隙、通气孔隙、持水孔隙、气水比、碳氮比、pH 值、电导率(EC)、阳离子交换量(CEC)。用 EXCEL 和 SPSS13.0 统计软件进行数据分析^[13]。

2 结果与分析

2.1 油茶壳发酵过程中温度的变化

温度是影响微生物活动的重要因素。堆体温度的升降,是反映发酵各种微生物群落活动的标志。基质发酵的目的主要是灭菌和稳定化,与温热条件有着密切的联系^[14]。通过测定油茶壳各发酵堆体温度的变化,可反映出腐熟的变化过程和完成腐熟所需要的时间。

由图 1 可知,油茶壳发酵经历了升温阶段、高温阶段和降温阶段。整个发酵过程中,每 10 天有 1 次突然降温现象,随后温度又迅速上升,这是由于翻堆供氧造成堆体温度降低,随后堆体中高温菌开始活动使其温度上升。发酵第 2 天,堆体温度迅速上升,在第一次翻堆前,1 号、2 号、5 号、8 号处理温度超过 50 °C,2 号处理堆体

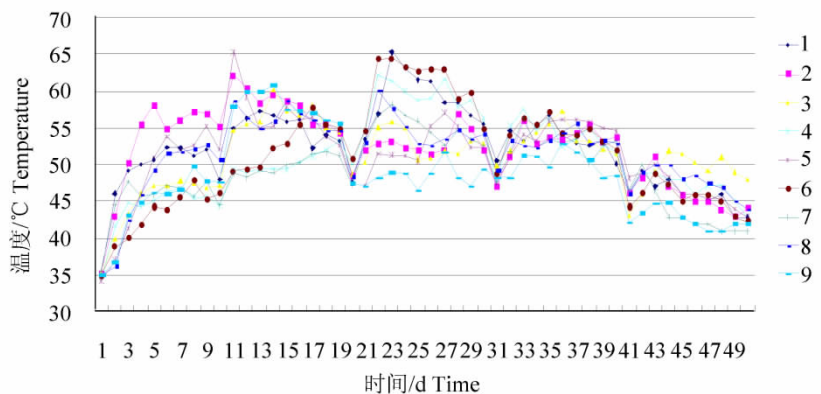


图1 油茶壳发酵过程中温度的变化

Fig.1 The changes of temperature during camellia shell composting

温度最高为 58.0 °C。其中 2 号、5 号、8 号处理微生物菌剂是酵素菌,说明酵素菌能促使油茶壳堆体温度在短时间内达到高温;3 号、4 号、6 号、7 号、9 号处理在第 1 次翻堆后才逐步升到 50 °C 以上,说明金宝贝发酵菌使油茶壳堆体升温缓慢。9 号处理堆体温度在第 15 天达到最高值(60.07 °C),随后下降,在 50 °C 上下波动,其他几个处理在第 4 次翻堆前都出现了 3~4 个 55 °C 以上的峰,达到了消灭病原菌和杂草种子等有害物质的目的。发酵 40 天后,各处理温度开始下降到 50 °C 以下,进入后熟阶段。第 50 天,除 3 号处理在 45 °C 以上外,其他处理都降到了 45 °C 以下,基本趋于平稳,完成了后熟。

2.2 油茶壳发酵前后物理性质的变化

结构决定基质水分养分吸附性能和空气的含量,从而影响水分养分的供应、吸收甚至运输。物理

性质是衡量基质发酵的重要指标,包括容重、最大持水量、孔隙度、气水比等。

2.2.1 油茶壳发酵前后容重和最大持水量的变化 从表4可以看出油茶壳发酵前后容重和最大持水量都发生了显著变化,各处理都表现为容重变大,最大持水量变小,且处理间前后变化差值对比明显。发酵结束后,除3号处理外其他处理容重都达到250 g/L以上,符合轻型基质育苗的要求。8号处理容重变化最大,差值为121.6 g/L,是容重变化最小的3号处理(差值22.9 g/L)的5.3倍,其次是7号处理,差值为110.9 g/L。同容重变化差值一样,最大持水量变化差值最大的是8号处理,其次是7号处理,变化差值最小的是3号处理。经极差分析(表6)碳氮比是油茶壳发酵前后容重和最大持水量变化的主要因素,其他两个因素的影响不大。碳氮比对容重和最大持水量的变化差值的影响是:水平1 > 水平2 > 水平3,说明当碳氮比为25:1时,油茶壳发酵前后容重和最大持水量的变化较大。

表4 油茶壳发酵前后容重和最大持水量的变化

Tab.4 The changes of the unit weight and water retention capability of the camellia shell before and after composting

处理号 Treatment	容重/(g·L ⁻¹) Unit weight			最大持水量 Water retention capability		
	初始	结束	差值	初始	结束	差值
1	216.7	288.0	71.3	342.9	275.1	-67.8
2	220.0	283.5	63.5	320.3	250.8	-69.5
3	220.5	243.4	22.9	332.9	288.1	-44.8
4	211.2	251.1	39.9	361.7	278.9	-82.8
5	220.5	271.7	51.3	310.5	252.4	-51.8
6	191.6	280.6	89.0	362.5	252.6	-109.9
7	211.2	274.2	63.1	349.1	238.2	-110.9
8	216.7	338.3	121.6	304.1	186.7	-117.4
9	211.2	254.8	43.7	330.4	275.5	-54.9

2.2.2 油茶壳发酵前后孔隙度的变化 孔隙度是基质的重要物理性质,影响和决定基质的通气、排水、持水、容重等性质^[15]。由表5可知,油茶壳发酵前后孔隙度的变化明显。其中总孔隙和通气孔隙变小,持水孔隙变大,说明油茶壳在发酵结束后,颗粒度变小,保水性能增强。发酵结束后,总孔隙度都维持在60%以上,符合轻型基质育苗的要求。7号处理的总孔隙度、通气孔隙度和气水比的变化差值比其他各处理的变化差值大,其持水孔隙的变化差值也较大,说明7号处理的发酵腐熟程度最完全。1号处理的各孔隙度指标变化差值最小,说明其发酵腐熟程度最不完全。经极差分析(表6)可以看出,氮源对油茶壳发酵孔隙度变化差值影响最大,微生物菌剂影响程度最小。氮源中的2水平和3水平的孔隙度变化差值较大,说明猪粪和复合肥是油茶发酵过程中孔隙度变化的主要影响添加剂。

表5 油茶壳发酵前后孔隙度的变化

Tab.5 The changes of void ratio of the camellia shell before and after composting

处理号 Treatment	总孔隙/% Porosity			通气孔隙/% Gas holes			持水孔隙/% Hold water pore			气水比 Gas-water ratio		
	初始	结束	差值	初始	结束	差值	初始	结束	差值	初始	结束	差值
1	74.3	73.1	-1.2	33.4	29.0	-4.4	40.9	43.2	2.4	0.82	0.67	-0.15
2	70.5	68.5	-2.0	31.0	21.8	-9.2	39.5	49.3	9.8	0.78	0.44	-0.34
3	73.4	70.1	-3.3	35.4	29.5	-5.9	38.0	40.6	2.6	0.93	0.73	-0.20
4	76.4	70.0	-6.4	40.2	33.3	-6.9	36.1	36.7	0.6	1.11	0.91	-0.21
5	73.6	68.6	-5.0	37.5	25.1	-12.4	36.1	43.5	7.4	1.04	0.58	-0.46
6	76.7	70.9	-5.9	41.1	24.4	-16.7	35.6	46.5	10.8	1.15	0.53	-0.63
7	73.7	65.3	-8.4	39.9	22.1	-17.9	33.8	43.3	9.4	1.18	0.51	-0.67
8	65.9	63.2	-2.7	27.4	21.1	-6.3	38.5	42.1	3.6	0.71	0.50	-0.21
9	69.8	67.2	-2.6	33.3	27.0	-6.3	36.5	43.3	6.8	0.91	0.62	-0.29

表6 油茶壳发酵前后物理性质变化极差分析

Tab.6 The changes of physical properties of the camellia shell before and after composting

物理性质 Physical properties	处理水平 Treatment levels	因素 Factors			物理性质 Physical properties	处理水平 Treatment levels	因素 Factors		
		N 源 N source	微生物菌剂 Microbes	C/N 比 C/N ratio			N 源 N source	微生物菌剂 Microbes	C/N 比 C/N ratio
容重 Unit weight	k_1	53.1	57.8	94.0	通气孔隙 Gas holes	k_1	-6.7	-9.5	-9.0
	k_2	62.4	78.8	47.5		k_2	-11.9	-9.3	-7.5
	k_3	75.0	51.2	46.3		k_3	-10.0	-9.7	-12.0
	极差 R	21.9	27.6	47.7		极差 R	5.2	0.4	4.6
最大持水量 Water Retention capability	k_1	-60.7	-87.2	-98.4	持水孔隙 Hold water pore	k_1	4.9	4.1	5.7
	k_2	-72.3	-72.3	-69.1		k_2	6.3	6.7	5.9
	k_3	-94.4	-69.9	-61.9		k_3	6.7	7.0	6.3
	极差 R	33.7	17.3	36.5		极差 R	1.8	2.9	0.5
总孔隙 Porosity	k_1	-2.2	-5.3	-3.4	气水比 Gas - water ratio	k_1	-0.23	-0.35	-0.33
	k_2	-5.8	-3.2	-3.5		k_2	-0.43	-0.34	-0.28
	k_3	-4.6	-4.0	-5.6		k_3	-0.40	-0.37	-0.45
	极差 R	3.6	2.0	2.2		极差 R	0.20	0.04	0.17

2.3 油茶壳发酵过程中 C/N 的变化

发酵腐熟过程中碳、氮含量发生变化较大,碳氮变化是堆肥腐熟过程中的基本特征之一^[16]。当 C/N 降到 20:1 以下时,堆肥达到腐熟。可以用 T 值来评价基质发酵腐熟度, T 值 = (终点 C/N) / (初始 C/N),当 T 值小于 0.6 时达到腐熟。

由图 2 可知,经过 50 天的发酵处理,油茶壳的 C/N 明显下降,3 号、4 号,9 号处理下降最快的时间集中在 8 月 2 日至 8 月 12 日,其他几个处理有 2 个时间段下降速率比较快,分别是 7 月 13 日之前和 8 月 2 日至 8 月 12 日。发酵最后 10 天,除 3 号处理 C/N 还在下降外,其他各处理基本上趋于稳定。发酵结束后,1、6、7 号处理的 C/N 降到了 15:1 以下,除 2 号和 4 号处理外,其他处理 T 值都降到了 0.6 以下(表 7),说明从 C/N 指标来说,1、6、7 号处理符合轻型基质育苗的标准,添加 EM 菌更有利于 C/N 的下降。

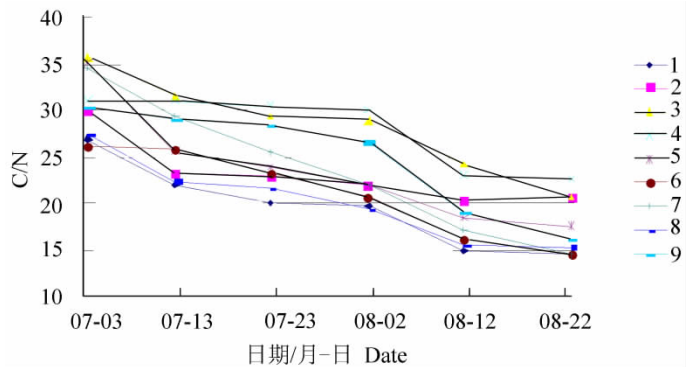


图2 油茶壳发酵过程中 C/N 的变化

Fig.2 The changes of C/N during camellia shell composting

2.4 油茶壳发酵过程中 pH 值的变化

一般基质 pH 值在 6 ~ 8 较好, pH 值过高或过低均抑制各种有益微生物的活动,南方大部分植物喜酸性或微酸性,呈碱性的基质必须调节 pH 值,否则影响植物的生长发育。

由图 3 可知,油茶壳发酵过程中, pH 值总体的变化趋势是变小,前 10 天的 pH 值逐渐上升,随后逐渐下降。其中 1 号至 6 号处理 pH 值的变化不明显,且在

表7 油茶壳发酵前后 C/N 及 T 值

Tab.7 The C/N and T value of the camellia shell before and after composting

处理号 Treatment	初始 Initial	结束 Final	T 值 T value
1	26.96	14.54	0.54
2	30.17	20.56	0.68
3	35.75	20.68	0.49
4	31.23	22.65	0.73
5	35.20	17.66	0.50
6	26.08	14.58	0.56
7	34.50	14.49	0.42
8	27.35	15.41	0.56
9	30.29	16.09	0.53

整个发酵过程中 pH 值一直在 7.0 以上,在轻型基质育苗时,应该与其他酸性基质进行配比,并且比例不宜过大。7 号至 9 号处理在发酵过程中, pH 值发生了显著下降,其中 8 号处理在 7 月 13 日至 8 月 12 日这段时间内下降速度最快,变化值达到了 1.09。9 号处理次之,变化值为 0.83。7 号处理在 8 月 2 日前 pH 值发生了上升,但随后逐渐下降。3 个处理在发酵的最后 10 天 pH 值变化比较平缓,基本达到了腐熟。7 号至 9 号处理 pH 值一直维持在 7.00 以下,腐熟完成后,都降到 6.5 以下,其中 8 号处理降到了 5.77,这 3 个处理氮源都是复合肥,说明复合肥是影响油茶壳发酵中 pH 值变化的主要氮源因素,随着复合肥用量的增加, pH 值的变化速率加快,且 pH 值越低。

2.5 油茶壳发酵过程中 EC 值和 CEC 的变化

电导率(EC)反映了基质浸提液中的离子总浓度,即可溶性盐的含量。图 4 显示,油茶壳在发酵过程中, EC 值发生了变化,最终 EC 值大于初始 EC 值。8 号处理变化最显著,7 月 13 日 EC 值达到了 1397 $\mu\text{s}/\text{cm}$,随后逐渐降低,最终 EC 值为 973 $\mu\text{s}/\text{cm}$,发酵前后差值为 233 $\mu\text{s}/\text{cm}$,与其他处理相比,除 6 号处理(差值 294 $\mu\text{s}/\text{cm}$)外,其差值最大。8 号、9 号处理在发酵过程中也出现了一个峰值,油茶壳在发酵过程中,可溶性物质可能发生了流失。通过以上分析说明氮源是影响油茶壳发酵过程 EC 值变化的主要因素,复合肥能提高油茶壳发酵的剧烈程度。

阳离子交换量(CEC)以 1000 g 基质代换吸收阳离子的厘摩尔数(cmol/kg)来表示,它决定着基质保持和供应养分的能力、基质对酸碱的缓冲性能等。由图 5 可知,油茶壳 CEC 随发酵的进行呈上升趋势,发酵结束后 CEC 在 25.00 cmol/kg 以上。变化最明显的是 7 号处理,前后变化差值分别是 14.00 cmol/kg ,其次 4 号处理(13.74 cmol/kg) 2 号处理(12.76 cmol/kg) 5 号处理(12.03 cmol/kg),说明微生物菌剂是影响油茶壳 CEC 变化的主要因素,EM 菌的影响最大,酵素菌次之。

3 结论与讨论

(1) 油茶壳通过添加氮源和微生物菌剂进行堆沤发酵,温度都能升到 50 $^{\circ}\text{C}$ 以上并维持一段时间,堆体经历了升温阶段、高温阶段和降温阶段,达到基质发酵灭菌和稳定化的目的。基质化堆沤是一个有氧发酵过程,当温度超过 60 $^{\circ}\text{C}$ 时,就会对微生物的生长活动产生抑制作用,需要进行翻堆,以达到降温

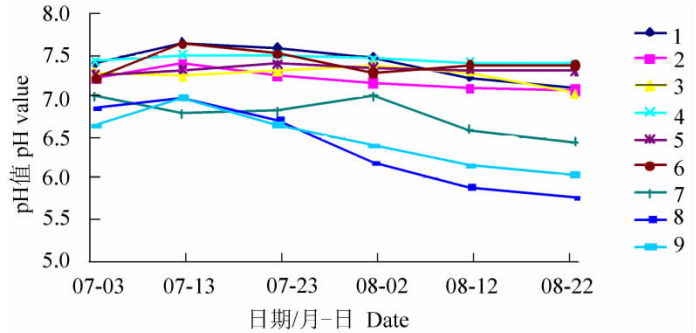


图 3 油茶壳发酵过程中 pH 值的变化

Fig. 3 The changes of pH value during camellia shell composting

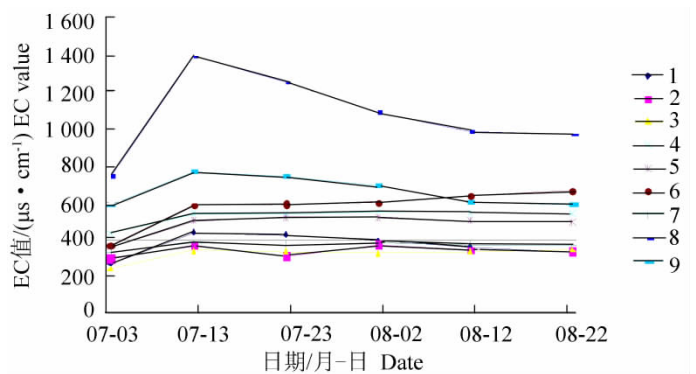


图 4 油茶壳发酵过程中 EC 值的变化

Fig. 4 The changes of EC value during camellia shell composting

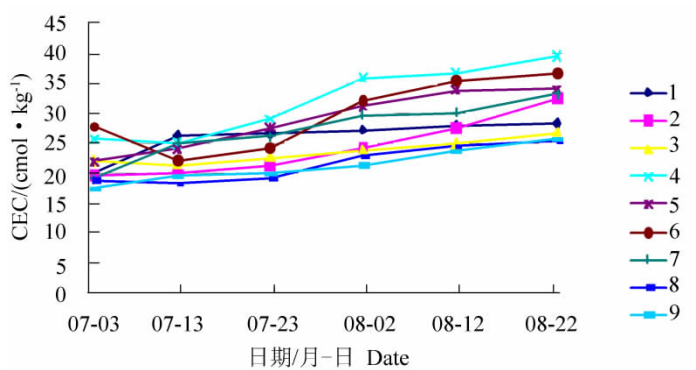


图 5 油茶壳发酵过程中 CEC 的变化

Fig. 5 The changes of CEC during camellia shell composting

供氧的目的。

(2) 理化性质是衡量基质发酵的重要指标。油茶壳发酵过程中,容重和持水孔隙增大,最大持水量、总空隙、通气孔隙和气水比减小。氮源对孔隙度的影响较大,添加复合肥和猪粪能有效地促进孔隙度的变化。微生物菌剂对油茶壳发酵物理性质的变化并不明显。尚秀华等^[4]在研究木屑基质化腐熟发酵时也得出不同的微生物菌剂对木屑腐熟效果影响不显著。EM菌比酵素菌和金宝贝菌剂更有利于促进油茶壳发酵C/N的降低和阳离子交换量的提高,堆体腐熟更完全,满足苗木生长要求。pH值过高不利于植物的生长,添加复合肥能有效的降低油茶壳的pH值和增大油茶壳电导率变化速率,从而提高油茶壳发酵的剧烈程度。

(3) 综合考虑各理化性质指标,复合肥是油茶壳发酵腐熟最好的氮源,能使油茶壳腐熟彻底,并符合轻型基质育苗的要求;各微生物菌剂对油茶壳发酵腐熟差异不大,EM菌比酵素菌和金宝贝发酵菌发酵腐熟稍好,由于农林废弃物发酵添加微生物菌剂的成本比较高,当前市场上EM菌价格相对其他微生物菌剂价格低,从生产成本考虑将其用来做油茶壳基质化腐熟是最好的选择。农林废弃物基质化堆沤的目的是既要缩短基质发酵的时间,又要使基质满足育苗的要求,理化性质的测定能很好地体现基质的优劣特性,对腐熟后的油茶壳进行育苗试验有待进一步研究。

参考文献:

- [1]李谦盛,郭世荣,李式军. 利用工农业有机废弃物生产优质无土栽培基质[J]. 自然资源学报, 2002, 17(4): 515-519.
- [2]索琳娜,金茂勇,张宝珠. 农林有机废弃物生产花木栽培基质技术和前景[J]. 北方园艺, 2009, 36(4): 108-112.
- [3]尚秀华,谢耀坚,彭彦. 农林废弃物的腐熟处理及其在育苗中的应用[J]. 桉树科技, 2008, 25(2): 49-54.
- [4]尚秀华,谢耀坚,彭彦,等. 木屑基质化腐熟技术研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(19): 8969-8973.
- [5]范双喜,伊东正. 树皮草炭混配基质对生菜生长的影响[J]. 中国蔬菜, 2002, 21(6): 18-20.
- [6]谢耀坚,王军,彭彦,等. 桉树工厂化育苗轻型基质筛选试验研究[J]. 林业科学研究, 2008, 21(4): 528-533.
- [7]杨红丽,王子崇,张慎璞,等. 番茄花生壳基质穴盘育苗营养液配方优选试验[J]. 西北农业学报, 2010, 19(7): 129-132.
- [8]谢耀坚,张世超,谭晓风. 桉树育苗轻型基质配方研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2008, 28(4): 62-66.
- [9]邱贺媛,陈洁曼,胡静如. 微波辐照提取油茶果壳棕色素及其稳定性研究[J]. 食品科学, 2009, 30(16): 198-202.
- [10]沈建福,康海权,陈亚琪,等. 油茶果壳多糖的提取及抗氧化作用研究[J]. 中国粮油学报, 2010, 25(8): 51-54.
- [11]姜天甲,应铁进,陈秋平,等. 油茶籽壳总黄酮的提取及抗氧化研究[J]. 中国食品学报, 2010, 10(1): 93-99.
- [12]张党权,彭万喜,刘其梅,等. 油茶壳高品位资源化利用的Py-GC/MS分析[J]. 中国粮油学报, 2008, 23(6): 161-165.
- [13]李云雁,胡传荣. 实验设计与数据处理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 79.
- [14]刘更另. 中国有机肥料[M]. 北京: 农业出版社, 1991: 65-67.
- [15]吴志行,凌丽娟,张义平. 蔬菜育苗基质的理论与技术研究[J]. 农业工程学报, 1988(3): 20-27.
- [16]尹永强,何明雄,韦峥宇,等. 堆肥腐熟机理研究进展[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(23): 10053-10055.