

网络出版时间:2014-01-02 15:56

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.02.036

网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.02.036.html

松树皮基质发酵方案的初步探究

柴艳芳,汤久杨,王四清

(北京林业大学 园林学院,北京 100083)

【摘要】 【目的】探索松树皮基质的较佳发酵方案。【方法】以新鲜樟子松树皮为试验基质,尿素为氮源,添加 EM 菌剂和木醋液进行发酵,共设置 9 种(M1~M9)不同发酵方案,以不添加 EM 菌剂和木醋液的处理为对照,分析各处理松树皮发酵温度、理化性质及木质纤维素、单宁含量的变化情况。【结果】发酵后,与对照相比,M5(C/N 30、500 倍 EM 菌剂和 500 倍木醋液)、M6(C/N 70、500 倍 EM 菌剂和 500 倍木醋液)和 M2(C/N 30、500 倍 EM 菌剂)3 个处理的发酵温度均明显高于其他处理,且高温持续时间长,松树皮的各项理化性质均得到改善,单宁、木质纤维素含量降解幅度较大。【结论】发酵过程中,EM 菌剂起关键作用,再添加木醋液可进一步加快发酵进程,提升发酵效果,初始 C/N 的影响仅次于 EM 菌剂,当其值为 30~70 时松树皮的发酵效果较好,M5、M6、M2 处理是松树皮的较佳发酵方案。

【关键词】 松树皮;发酵;EM 菌剂;C/N;木醋液;单宁

【中图分类号】 S789.1

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2014)02-0081-06

A preliminary study on the fermentation of pine bark as growing media

CHAI Yan-fang, TANG Jiu-yang, WANG Si-qing

(College of Landscape Architecture, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: 【Objective】 The research was carried out to explore the best conditions for pine bark fermentation. 【Method】 9 (M1—M9) fermentation programs using fresh pine bark as test matrix and carbamide as nitrogen source were conducted with EM bacterial and wood vinegar. The fermentation test without EM bacterial and wood vinegar was used as CK. The changes of fermentation temperature, physical and chemical properties, lignocellulose and tannin contents were analyzed. 【Result】 Compared with CK, temperatures of M5 (C/N 30, 500-time EM bacterial and 500-time wood vinegar), M6 (C/N 70, 500-time EM bacterial and 500-time wood vinegar) and M2 (C/N 30 and 500-time EM bacterial) were much higher and the duration was longer. The physical and chemical properties were improved while tannin and wood cellulose contents were significantly decreased. 【Conclusion】 EM bacterial played a key role in the fermentation process and wood vinegar accelerated the fermentation process and improve the quality. The initial C/N of pine bark had the second most important effects in the range of 30 to 70. M5, M6 and M2 were obtained good fermentation programs.

Key words: pine bark; fermentation; EM bacterial; C/N; wood vinegar; tannin

近些年来,松树皮作为栽培基质受到越来越多的关注,特别是在大花蕙兰的企业产业化栽培中备

受青睐,这主要是由于松树皮来源广泛、结构坚固、价格低廉、排水透气性良好、有机质含量丰富^[1],非

【收稿日期】 2013-08-12

【作者简介】 柴艳芳(1989—),女,山西沁水人,硕士,主要从事园林花卉栽培与生理研究。E-mail:chaiyanfang19891103@126.com

【通信作者】 王四清(1965—),男,河南新乡人,教授,博士生导师,主要从事花卉栽培基质、无土栽培营养液、花期调控及杂交育种研究。

常符合大花蕙兰对栽培基质的要求。但是新鲜松树皮中含有较多的单宁、酚类、有机酸和松脂类物质,会直接毒害兰花根系^[2],而且其 C/N 较高,很容易造成植株缺氮,阻碍叶绿素形成,影响光合作用进程^[3],因此要经过充分的发酵腐熟才能使用。目前,关于松树皮的发酵研究报道较少,发酵中的重要技术环节还不被人们所知。我国大部分大花蕙兰生产商购入新鲜松树皮后凭经验添加一些氮素,然后天然堆放发酵 2~3 年以上再使用,这样不但年限长,而且对松树皮发酵过程中物质转化及理化性质变化规律缺乏清晰的认识,导致对发酵过程中环境条件的控制十分盲目,所得的松树皮不但品质较差,性质不稳定,而且极易滋生杂菌。松树皮碳素含量较高,其中针叶松松树皮的 C/N 在 150~300,落叶松树皮的 C/N 甚至高达 494^[4],即使经过发酵后其 C/N 还是太高,不宜作为育苗基质,但在发酵前向松树皮中加入一定的氮素有助于碳素降解。本研究以尿素为氮源,加入一定量的 EM 菌剂和木醋液,进行松树皮的发酵腐熟试验,初步探索松树皮的较佳发酵方

案,旨在改善松树皮的理化性质,降解单宁等有害物质,使其成为一种优良的有机基质,为其产业化发酵提供参考。

1 材料与方法

1.1 材 料

试验材料为新鲜的东北樟子松树皮,来自长白山脚下的一个木材加工厂。测得其体积质量为 0.17 g/cm³,总孔隙度 80.7%,通气孔隙 63.4%,持水孔隙 17.3%,气水比 3.78;pH 为 4.7,电导率(EC)值为 0.2 mS/cm,阳离子交换量(CEC)值为 0.26 mmol/hg;初始 C/N 为 132。EM 菌剂购于北京市康源绿洲生物科技有限公司。木醋液为日本生产。

1.2 试验设计

试验于 2010-06-08 至 2010-09-18 在北京林大林业科技股份有限公司总部的“胖龙”连栋温室中进行,发酵时长 3 个月。试验共设置 9 个处理(M1~M9)和 1 个对照(CK),每处理均重复 3 次,每重复用量 100 L 左右。试验具体方案见表 1。

表 1 松树皮基质发酵的试验处理及编号

Table1 Design of fermentation experiments of pine bark

处理 Treatment	EM 菌剂 EM bacteria	初始 C/N Initial C/N ratio	木醋液 Wood vinegar	处理 Treatment	EM 菌剂 EM bacteria	初始 C/N Initial C/N ratio	木醋液 Wood vinegar
CK	0	132	0	M5	500	30	500
M1	500	132	0	M6	500	70	500
M2	500	30	0	M7	0	132	500
M3	500	70	0	M8	0	30	500
M4	500	132	500	M9	0	70	500

注:表 1 中数字“500”代表 1 L EM 菌剂或 1 L 木醋液对应 500 L 体积的松树皮。
Note:“500” means 1 L EM bacteria or 1 L wood vinegar is added to 500 L pine bark.

1.3 试验方法

将松树皮充分浸水;按照配方,根据每个处理要调节的目标 C/N,称量不同量的尿素配成溶液添加到松树皮中;EM 菌剂为生物菌剂,按照使用说明每 1 L EM 菌剂原液对应 500 L 体积的固体原料,使用前将 EM 菌剂与红糖水按 1:1 体积比混合密闭发酵 1 周,使用时将发酵产物与米糠按 1:2.5 的体积比混合,再与松树皮搅拌均匀(这样有助于增加 EM 菌剂对松树皮的黏附力);木醋液为酸性调节剂,使用时,与固体原料的体积配比为 1:500^[5]。所有物料添加完毕后,待松树皮含水量为 65%左右时,分别装入透气性良好的编织袋中,放到温室向阳处开始发酵,编织袋外覆塑料薄膜保温。发酵期间,定期搅拌松树皮,使其受热均匀,及时补水。待松树皮发酵温度达到室温时,发酵基本结束。发酵结束后测

量每个处理松树皮的理化性质。

1.4 测定项目及方法

1.4.1 发酵温度 发酵过程中,每天 15:00,将温度计插入松树皮表层下 20 cm 处^[6],测定各处理发酵温度,同时测定温室温度。

1.4.2 物理性质 参照 Byrne 所介绍的近似法并结合常规农化分析方法^[7],测定松树皮体积质量、通气孔隙、持水孔隙、总孔隙度、气水比。

1.4.3 化学性质 采用淋洗法用便携式 pH 计和 EC 计,测定松树皮淋洗液的 pH 值和 EC 值;CEC 值采用乙酸铵交换法测定^[8]。

1.4.4 木质纤维素 纤维素、半纤维素、木质素含量的测定采用中性洗涤剂法、2 mol/L 盐酸分解法,体积分数 72%硫酸水解法、蒽酮比色定糖法及 3,5-二硝基水杨酸比色定糖法综合而成的定量分析程

序,采用分光光度计比色法测定^[9]。

1.4.5 C/N 有机碳含量采用重铬酸钾法测定,N 素含量采用凯氏定氮法测定^[10]。

1.4.6 单宁含量 单宁含量采用磷钼钨酸-干酪素法测定^[11]。

1.5 数据统计与分析

采用 Excel 2010 软件处理数据做折线图和柱形图,用 SPSS 17.0 软件进行数据差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 发酵过程中各处理松树皮发酵温度的变化

由图 1 可知,各处理的发酵温度都高于 CK,其中 M5 处理升温最快,发酵后 24 d 温度就升到 50℃,高温持续时间最长,达 57 d,最高温度最高,为 68.9℃,并在 90 d 时降到室温,完成发酵的时间最短;此外,在整个发酵过程中,升温较快、发酵温度较高并且在 90 d 时温度明显下降的处理还有 M6、M2。分析发现,升温效果好的 M5、M6 处理为同时添加了 500 倍 EM 菌剂和 500 倍木醋液的处理,推测这 2 种物质组合后对发酵有明显促进作用;M5、M6 处理的 C/N 分别为 30 和 70,而 M5 处理升温快、温度高并在 90 d 时基本降到室温,可见 C/N 为 30 时的 M5 处理效果最佳。

进一步分析 EM 菌剂、木醋液、C/N 在提高发酵温度方面的作用,发现 EM 菌剂起关键作用,再添 加木醋液可以促进发酵进程;C/N 的影响仅次于 EM 菌剂,C/N 值为 30 时升温效果最佳。

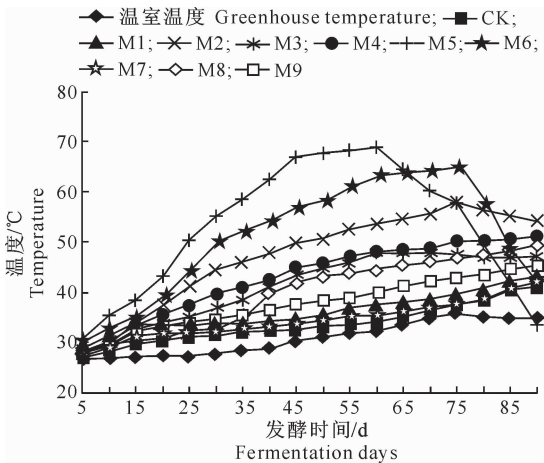


图 1 发酵期间不同处理松树皮发酵温度的变化
Fig.1 Temperature changes in different pine bark treatments during fermentation process

2.2 发酵后各处理松树皮物理性质的变化

从表 2 可以看出,发酵后各处理松树皮的体积质量增加,通气孔隙减少,持水孔隙增多,气水比下降。M5、M2 和 M6 为最佳处理,其体积质量、通气孔隙、持水孔隙、气水比与其他处理(体积质量中的 M3、M4 处理除外,持水孔隙中的 M3 处理除外)及对照差异显著。而 M1~M9 处理的各项指标均与对照有显著差异。说明通过发酵,松树皮的物理性质均有改善,因而毛细作用增强,疏水性减弱,这样的基质吸水保水性提高,从而保证了植株快速生长期对水分的需求。

表 2 发酵后各处理松树皮的物理性状

Table 2 Physical properties of pine bark after fermentation

处理 Treatment	体积质量/(g·cm ⁻³) Bulk density	通气孔隙/% Total porosity	持水孔隙/% Container capacity	总孔隙度/% Air-filled porosity	气水比 Ratio of gas and water
CK	0.19 e	58.6 f	23.6 e	82.2 c	2.48 e
M1	0.28 c	48.3 d	31.8 c	80.1 b	1.52 c
M2	0.34 ab	39.8 a	38.9 a	78.7 a	1.02 a
M3	0.31 b	44.5 c	35.1 b	79.6 ab	1.27 b
M4	0.30 bc	47.9 d	32.4 c	80.3 b	1.48 c
M5	0.36 a	38.9 a	40.6 a	79.5 ab	0.99 a
M6	0.33 ab	41.2 ab	37.4 ab	78.6 a	1.10 a
M7	0.25 d	53.3 e	26.7 d	80.0 b	2.00 d
M8	0.27 c	53.1 e	27.0 d	80.1 b	1.97 d
M9	0.26 cd	52.6 e	26.4 d	79.0 ab	1.99 d

注:同列数据后标不同小写字母者差异显著(P<0.05)。下表同。
Note: Different lowercase letters with columns of data represent significant difference (P<0.05). The same below.

2.3 发酵后各处理松树皮化学性质的变化

由表 3 可以看出,发酵后,各处理松树皮的 pH 值(M7 除外)、EC 值、CEC 值均高于对照。M2~M6 处理的 pH 在 6.0 以上,明显高于对照及其他处

理;只添加木醋液的 3 个处理(M7~M9) pH 值较低,推测原因可能是木醋液呈酸性,既可中和尿素分解产生的氨气,又可为微生物提供分解活动所需的一些有机酸^[12]。所有处理中,M2、M5、M6 处理的

EC 值均较高,与其他处理(M8、M9 除外)及对照差异显著;M8、M9 处理的 EC 值也较大,根据这 2 个处理的发酵温度及发酵后的物理性状表现,分析可能是因为添加的尿素太多,但是发酵不彻底,导致基质中无机盐含量较多。M5、M2、M6 处理的 CEC 值

也均较高,与其他处理和对照差异显著。各处理 CEC 值均较对照显著增高,说明发酵后松树皮保持和供应养分的能力增加,缓冲能力增强,可以缓解养分淋失和 pH 值大幅升降^[13]。通过以上对化学性质的分析可以看出,M2、M5、M6 处理的综合表现较好。

表 3 发酵后各处理松树皮的化学性状

Table 3 Chemical properties of pine bark after fermentation

处理 Treatment	pH	EC/ (mS · cm ⁻¹)	CEC/ (mmol · hg ⁻¹)	处理 Treatment	pH	EC/ (mS · cm ⁻¹)	CEC/ (mmol · hg ⁻¹)
CK	5.2 a	0.68 d	0.46 e	M5	6.8 c	0.98 ab	0.89 a
M1	5.9 b	0.76 cd	0.71 bc	M6	6.7 c	0.94 b	0.84 a
M2	6.2 bc	1.09 a	0.87 a	M7	5.0 a	0.71 d	0.53 d
M3	6.2 bc	0.87 c	0.77 b	M8	5.8 b	1.13 a	0.68 c
M4	6.5 c	0.88 c	0.74 b	M9	5.5 ab	0.94 b	0.64 c

2.4 发酵后各处理松树皮 C/N 的变化

C/N 是有机质腐熟度的一个重要指标,发酵物料的 C/N 在 20 以下时,才会有较为稳定的生物结构^[14]。发酵后各处理松树皮的 C/N 见图 2。

他处理差异显著,而彼此间差异不显著。不同处理的 C/N 存在差异,说明腐熟效果存在差异。如与对照相比,M7、M8 和 M9 处理的 C/N 下降幅度较小,可能就是由于发酵不充分,有机物质不能充分转化为 CO₂ 和腐殖质。发酵后,对照的 C/N 最大,为 107.3,不适合直接用作花卉栽培基质。

2.5 发酵后各处理松树皮木质纤维素含量的变化

松树皮的木质素含量较高,这是其腐熟困难及耐久性长的一个重要原因。木质素与纤维素、半纤维素相互镶嵌的特殊结构阻碍了纤维素、半纤维素的生物降解和利用^[15]。因此,发酵前后木质纤维素含量的变化在一定程度上可以反映松树皮的腐熟程度。

由表 4 可以看出,发酵后,与对照相比,各处理的木质纤维素含量呈降低趋势,其中,M5 处理的纤维素和木质素含量均最低,与其他处理及对照差异显著;其次是 M2、M6、M3 处理,与其他处理大多差异显著。M5、M6、M2 3 个处理的半纤维素含量也较低。综合分析,M5、M6、M2 处理木质纤维素降解程度较大,这之前对 C/N 的分析结果一致。

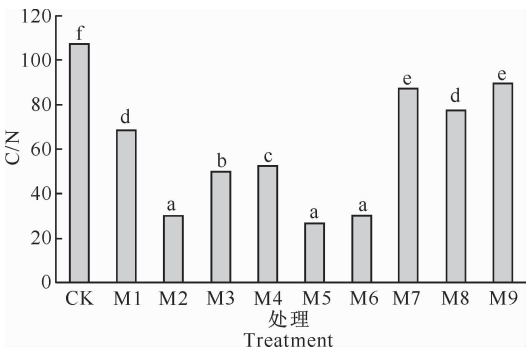


图 2 发酵后各处理松树皮的 C/N
图中标不同小写字母者表示在 $P<0.05$
水平上差异显著。下同

Fig. 2 C/N ratios of pine bark after fermentation
Different lowercase letters represent significant
difference at the $P<0.05$ level. The same for figure 3

由图 2 可以看出,发酵后,M5 处理的 C/N 最低,为 26.8,其次是 M2、M6 处理,说明有机物质在发酵过程中逐步被降解,这3个处理与对照及其

表 4 发酵后各处理松树皮的木质纤维素含量

Table 4 Lignocellulose contents of pine bark after fermentation

处理 Treatment	纤维素 Cellulose	半纤维素 Hemicelluloses	木质素 Lignin	处理 Treatment	纤维素 Cellulose	半纤维素 Hemicelluloses	木质素 Lignin
CK	108 d	186 d	457 f	M5	73 a	164 a	373 a
M1	96 c	178 b	426 d	M6	85 b	167 a	399 b
M2	84 b	168 ab	396 b	M7	105 cd	183 cd	451 f
M3	87 b	175 b	402 b	M8	98 c	178 b	428 d
M4	88 b	179 bc	415 c	M9	102 cd	181 c	439 e

注:新鲜松树皮的木质素、纤维素、半纤维素含量分别为 486,183,205 g/kg。
Note:The lignin,cellulose and hemicellulose contents of fresh bark are 486,183 and 205 g/kg,respectively.

2.6 发酵后各处理松树皮单宁含量的变化

松树皮中的单宁对植物根系有毒害作用,因此

单宁含量是评价松树皮质量的重要指标之一。由图 3 可以看出,发酵后,各处理松树皮的单宁含量为

43~86 g/kg,与对照相比,单宁含量呈下降趋势。其中,M5 处理松树皮单宁含量最低,为 43 g/kg;其次是 M6、M4、M2 和 M3 处理,与对照均差异显著。

M1、M7、M9 处理的松树皮单宁含量下降幅度较小,均与对照差异不显著。

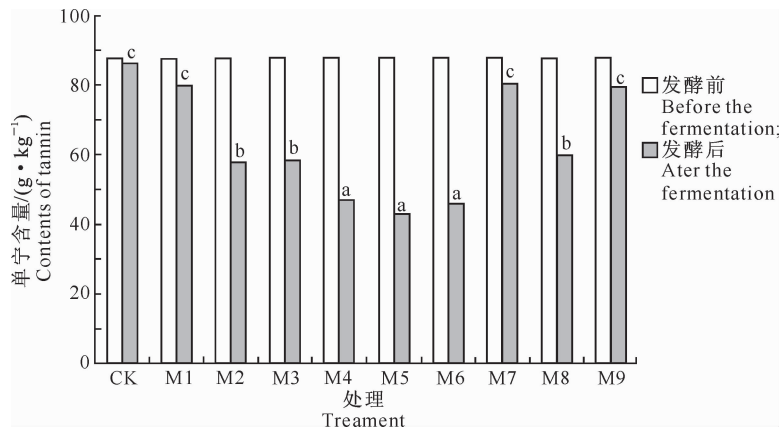


图 3 发酵前后各处理松树皮的单宁含量
Fig. 3 Tannin contents of pine bark before and after fermentation

3 讨论与结论

松树皮传统的堆置发酵耗时较长,而且得到的松树皮性状较差,因此筛选出既快又好的松树皮发酵方案很有必要。叶瑞睿^[16]研究表明,加入活性菌可以使基质堆较快达到高温。夏飏^[4]在树皮中加入尿素调 C/N,以金宝贝助剂作为生物菌剂,2 个多月完成发酵,取得了良好的效果。谢兆森^[12]的研究结果表明,在进行木屑发酵时,加入木醋液可缩短达到最高温的时间。本研究提出了 9 种松树皮发酵方案,发现同时添加 EM 菌剂和木醋液,且加尿素调节 C/N 的处理(M5 和 M6)发酵效率较高,推测其原因可能是 EM 菌剂中的多种微生物在木醋液微酸性条件下大量增殖,而充足氮源(尿素)又满足了其生命活动所需,故微生物分解有机物的速度加快,释放热量多,松树皮的发酵温度随之升高。此外,M2 处理升温也较快,发酵温度较高,3 个月后温度有明显下降趋势。而只添加木醋液的 M7、M8、M9 3 个处理表现欠佳,原因在于添加木醋液虽然为微生物提供了一个微酸性环境,可促进其增殖,但松树皮中土著有益微生物数量有限,单位体积有益微生物的数量达到一定基数需要较长时间。因此,作者建议在以后的研究中,应监测发酵过程中微生物的数量变化,以阐明木醋液的作用机理。

除发酵温度外,发酵后基质的理化性质等指标是判断发酵效果的重要标准。张沛健^[6]研究表明,桉树皮腐熟后,体积质量增大,总孔隙和汽水比减小,持水孔隙增多,C/N 降低,pH 增大,EC 值和

CEC 值降低。叶瑞睿^[16]的研究结果也表明,发酵有助于基质碳素的分解,可降低原料的高 C/N。本研究中,M5、M6、M2 发酵后的各项理化指标及 C/N 表现较好,这与人研究结果基本一致^[6,16]。

另外,EM 菌剂中的乳酸菌类可以分解难以分解的木质素和纤维素;革兰氏阳性放线菌类具有分解有机物的能力,将大分子分解成小分子,能将有毒化学物质分解转化为无毒无害物质^[17]。因此,通过发酵,松树皮中的单宁等有害物质可以得到降解,可减轻后期育苗过程中单宁对幼苗根系的破坏。要获得更为准确的发酵方案,还需结合后期育苗栽培试验结果,观察植物在经过不同发酵处理后松树皮中的生长发育情况来确定。

综合分析,9 种发酵方案中,处理 M5(C/N 30、500 倍 EM 菌剂和 500 倍木醋液)、M6(C/N 70、500 倍 EM 菌剂和 500 倍木醋液)和 M2(C/N 30、500 倍 EM 菌剂)表现较好,松树皮发酵效率较高,发酵后松树皮各项理化性质均得到改善,是较好的发酵方案。

[参考文献]

[1] 卢思聪,石雷. 大花蕙兰 [M]. 北京:中国农业出版社,2005:36.
Lu S C, Shi L. The *Cymbidium* expert [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2005: 36. (in Chinese)

[2] 江胜德. 现代园艺栽培介质选购与应用指南 [M]. 北京:中国林业出版社,2006:92.
Jiang S D. The purchase and application guides of modern horticultural cultivation media [M]. Beijing: China Forestry Press, 2006: 92. (in Chinese)

- [3] 尚秀华, 谢耀坚, 彭彦. 育苗基质用的有机废弃物腐熟堆沤技术研究进展 [J]. 桉树科技, 2009, 26(1): 64-70.
Shang X H, Xie Y J, Peng Y. The research progress of composting technology of organic wastes used in nursery [J]. Eucalypt Science & Technology, 2009, 26(1): 64-70. (in Chinese)
- [4] 夏颺. 如何发酵树皮制作优质无土栽培基质 [J]. 蔬菜, 2007(6): 7.
Xia B. How to ferment pine bark to make soilless media with a high quality [J]. Vegetables, 2007(6): 7. (in Chinese)
- [5] 吴晓春, 谢兆森. 添加木醋液对木屑发酵腐熟的影响 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37(2): 457-462.
Wu X C, Xie Z S. The influence of adding wood vinegar on sawdust fermentation process [J]. Journal of Anhui Agriculture Sciences, 2009, 37(2): 457-462. (in Chinese)
- [6] 张沛健. 桉树皮废弃物腐熟技术及其在育苗中应用的研究 [D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2011.
Zhang P J. Study on composting technology of *Eucalyptus*-bark waste and application in seedling propagation [D]. Beijing: Chinese Academy of Forestry Science, 2011. (in Chinese)
- [7] Byrne P J, Carty B. Development in the measurements of air-filled porosity of peat substrates [J]. Acta Horticulture, 1989, 238: 37-44.
- [8] 李谦盛, 郭世荣, 李式军. 基质 EC 值与作物生长的关系及其测定方法比较 [J]. 中国蔬菜, 2004(1): 70-71.
Li Q S, Guo S R, Li S J. The relationship between EC value of media and crop growth and the comparion among determined methods of EC value [J]. China Vegetables, 2004(1): 70-71. (in Chinese)
- [9] 王玉万, 徐文玉. 木质纤维素固体基质发酵物中半纤维素、纤维素和木质素的定量分析程序 [J]. 微生物学通报, 1987, 12(2): 81-83.
Wang Y W, Xu W Y. The quantitative analysis program of hemicellulose, cellulose and lignin in lignocellulose solid substrate fermentation [J]. Microbiology China, 1987, 12(2): 81-83. (in Chinese)
- [10] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1980.
Nanjing Soil Research Institute of Chinese Academy of Science. Physical and chemical analysis of soil [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1980. (in Chinese)
- [11] 汤久杨, 王四清. 测定松树皮基质中单宁含量 [C]//张启祥. 中国观赏园艺研究进展. 北京: 中国林业出版社, 2011: 506-509.
Tang J Y, Wang S Q. The measurement of tannin contents in pine bark in the method of phosphomolybdic acid-casein [C]//Zhang Q X. Chinese ornamental horticulture progress. Beijing: China Forestry Press, 2011: 506-509. (in Chinese)
- [12] 谢兆森. 蓝莓栽培基质研究 [D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2006.
Xie Z S. The study on blueberries growing media [D]. Beijing: Chinese Academy of Forestry Science, 2006. (in Chinese)
- [13] 籍秀梅, 孙治强. 锯末基质发酵腐熟的理化性质及对辣椒幼苗生长发育的影响 [J]. 河南农业大学学报, 2001, 35(1): 66-69.
Ji X M, Sun Z Q. The physical and chemical properties of sawdust in the fermentation process and its influence on pepper seedlings growth [J]. Journal of Henan Agricultural University, 2001, 35(1): 66-69. (in Chinese)
- [14] 李国学. 不同堆肥材料及引入外源微生物对高温堆肥腐熟影响的研究 [J]. 应用与环境生物学报, 1999, 5(增刊 1): 139-142.
Li G X. The study about the influence of different kinds of composting and outside microorganism on high-temperature composting [J]. Journal of Applied & Environmental Biology, 1999, 5(S1): 139-142. (in Chinese)
- [15] 倪永珍, 李维炯. EM 技术研究与应 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
Ni Y Z, Li W J. The study and application of EM technology [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1998. (in Chinese)
- [16] 叶瑞睿. 利用花生壳、椰糠作为墨兰盆栽基质的研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2009.
Ye R R. Studies on peanut hulls and coir pith for growing media of *Cymbidium sinense* [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2009. (in Chinese)
- [17] 康源绿洲. 如金 EM 菌使用说明书 [Z]. 北京: 康源绿洲生物科技有限公司, 2011.
Kangyuan Lüzhou. Instructions of EM bacteria [Z]. Beijing: Kangyuan Lüzhou Biological Technology Co., Ltd, 2011. (in Chinese)