

甘蔗渣堆肥化处理及用作团花育苗基质的研究

聂艳丽^{1,2}, 周跃华², 李 娅², 赵永红³, 李 元¹

(1.云南农业大学资源与环境学院, 云南 昆明 650201; 2.云南省林业科学院, 云南 昆明 650204; 3.云南省热带林业研究所, 云南 西双版纳 666102)

摘 要:云南省热区是我国甘蔗的主产区之一,存在大量的甘蔗渣,为寻求其无害化、资源化高效利用,采用不同堆肥方式及不同物料配比等因素设计基质配方,开展了适合云南热区速生阔叶树种团花育苗基质的试验研究。结果表明,甘蔗渣堆肥化处理用作育苗基质,甘蔗渣的配比高达 90%,基质中养分如速效磷、速效钾、交换性钙的含量均能满足团花苗木营养需求。在甘蔗渣堆肥化处理过程中,C/N 呈下降趋势,基质中总 N 含量有明显的下降阶段,而其他养分速效磷、速效钾、交换性钙含量呈增加趋势。在基质育苗试验中,试验中期时不同基质对团花苗高、地径、根幅、主根长、侧根数、地上部干物质积累、地下部干物质积累的影响不显著。试验末期,不同基质对团花的苗高、根幅的影响显著,对地径、侧根数的影响达到极显著水平。13# 基质是培育热区珍贵速生阔叶树种团花的理想基质,其次是 6# 基质。

关键词:甘蔗渣;腐热;基质育苗;团花

中图分类号:X712 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-2043(2009)02-0380-08

Sugar Cane Bagasse Compost Used as *Anthocephalus chinensis* Nursing Substrate

NIE Yan-li^{1,2}, ZHOU Yue-hua², LI Ya², ZHAO Yong-hong³, LI Yuan¹

(1.College of Resources and Environment, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 2.Academy of Yunnan Forestry, Kunming 650204, China; 3.Academy of Yunnan Tropical Forestry, Xishuangbanna 666102, China)

Abstract: Sugar cane bagasse is disused in most of sugar factories. It will be a good way if it is applied in aspect of nursing substrate. The experiment was carried out to select the most suitable nursing substrate for *Anthocephalus chinensis* according to advanced substrate composting technology of Fenland in different composting mode and different ratio of material. The result obtained by analysing the characteristics of C/N of different prescription of composted sugar cane bagasse and variation of physical and chemical properties according to the standard all of the world. The result showed that the sugar cane bagasse was about 90% in the all material in the suitable nursing substrate for *Anthocephalus chinensis*. All of the substrates had enough nutrients for seedling. The value of C/N tended to decrease, and total nitrogen (TN) decreased distinctly during the composting. The contents of nutrient tended to increase such as phosphorus, potassium, exchangeable calcium. The effect of different substrates on height of seedling, basal diameter, number of lateral root of seedling, dry weight of shoot, dry weight of root was not distinctive in the middle of experiment. The height of seedling, root width had a distinctive difference in the different substrates by the end of experiment. Moreover the basal diameter, number of lateral root got to be difference distinctively by the end of experiment. 13# and 6# substrates could increase markedly dry weight of shoot and root, which could promote the nutrient absorb. 13# substrate was the best substrate for *Anthocephalus chinensis*, in the tropical region of Yunnan in the condition of the experiment. 6# substrate was the next.

Keywords: sugar cane bagasse; substrate compost; nursing substrate; *Anthocephalus chinensis*

云南省热区是我国甘蔗的主产区之一,糖厂榨糖后剩余的甘蔗渣很集中且数量较多。甘蔗渣一般含粗

蛋白质 2.0%,粗纤维 44%~46%,粗脂肪 0.7%,粗灰分 2%~3%^[1]。长期以来,大量的甘蔗渣主要供糖厂本身作为燃料烧掉或废弃,其经济价值很低。堆肥化处理常以其成本低,除臭和杀灭病原菌的效果好,能有效改善废弃物的物理、化学性状等优点而倍受人们关注,并成为当前有机废弃物无害化和资源化的重要途径之一^[2-3]。团花(*Anthocephalus chinensis*),又称大叶

收稿日期:2008-02-28

基金项目:云南省自然科学基金(2004C0027Q);国家林业局 948 国际合作项目(2004-4-11)

作者简介:聂艳丽(1974—),女,博士生,主要从事土壤与植物营养方面的研究工作,E-mail:nieyanli@163.com

通讯作者:李 元 E-mail:liyuan03@yahoo.com.cn

黄梁木、毛老鹰树、埋格冬(傣语)、咪更昔(壮语),茜草科,是热带和南亚热带的珍贵速生阔叶树种。关于团花采种、育苗和栽培等造林技术的研究早在1977年就已开始,并已形成一套适用的造林技术,但对于团花育苗基质的研究报道较少^[4-5]。由于受到种源、手段、资金等条件的制约,团花传统育苗具有较难管理,存在成活率低、育苗周期长等缺点。本文结合芬兰先进的有机废弃物堆肥化处理技术和基质育苗管理技术,以云南热区大量甘蔗渣为原料,开展甘蔗渣堆肥化处理及用作团花育苗基质的研究,以期探索甘蔗渣资源化利用途径,缩短团花育苗周期、提高苗木生长质量、降低育苗成本,对云南热区树种繁育,提高林木质量具有重要的实际意义和理论价值。

1 材料与方法

试验由甘蔗渣堆沤试验和基质育苗试验两部分组成。

1.1 甘蔗渣堆沤试验

1.1.1 供试材料

2004年3月至2005年4月,试验点设在云南热区甘蔗主产区之一的西双版纳州普文镇,在云南农业大学植物营养实验室进行理化性质分析。

试验以西双版纳州普文糖厂提供的甘蔗渣为主要原料,以滤泥、牛粪等作为调理剂。甘蔗渣基本化学性质为:总碳 44.3%,总氮 0.31%,C/N 143,pH 4.5;滤泥基本化学性质为:总碳 36.2%,总氮 2.33%,C/N 16,pH 4.2;牛粪基本化学性质为:总碳 35.3%,总氮 1.68%,C/N 21,pH 7.2。

1.1.2 试验设计

将供试材料按堆肥方式、物料及物料配比的不同,配制成11种基质,随机排列,具体设计见表1。按照芬兰先进的堆肥化技术进行管理,剔除蔗渣中不可生物降解的物质,将1#、2#处理的蔗渣切碎,使其粒径为4~7 mm;调节C/N后加水混匀,使水分含量为40%~50%。每15 d翻堆1次。

1.1.3 基质的采样与测定方法

堆肥每半个月采样1次,共采15次。在翻堆充分拌匀后,按5点采样法,每个处理每次采集6个混合样,其中3个混合样风干测定全量,3个混合样作为鲜样现场保存于4℃的冰柜中用于水溶性指标测定。

基质容重、总孔隙度、持水孔隙度的测定采用环刀法^[6]。化学指标的测定方法分别为:基质全氮,用凯

表1 甘蔗渣堆沤试验设计

Table 1 The experimental design of the substrate compost

处理	堆肥方式	物料及配比(湿重比)	通风方式
1#	地面	切碎的蔗渣,尿素 7.5 kg, $V_{堆}=1.5 \text{ m}^3$	翻堆
2#	地面	切碎的蔗渣,生物肥 1.5 kg, 尿素 6 kg, $V_{堆}=1.5 \text{ m}^3$	翻堆
3#	地面	新鲜蔗渣,生物肥 1.5 kg, 尿素 6 kg, $V_{堆}=1.5 \text{ m}^3$	翻堆
4#	地面	新鲜蔗渣,复合肥 20 kg, $V_{堆}=3.5 \text{ m}^3$	翻堆
5#	地面	新鲜蔗渣,复合肥 12 kg, $V_{堆}=3.5 \text{ m}^3$	翻堆
6#	地面	新鲜蔗渣,加牛粪,占堆体积的 10%, $V_{堆}=2.5 \text{ m}^3$	翻堆
7#	地面	新鲜蔗渣,尿素 3 kg, $V_{堆}=3 \text{ m}^3$	翻堆
10#	坑式	新鲜蔗渣,尿素 3 kg, $V_{堆}=3 \text{ m}^3$	翻堆
11#	坑式	新鲜蔗渣,尿素 20 kg, $V_{堆}=3 \text{ m}^3$	翻堆
12#	地面	新鲜蔗渣,滤泥占堆体积的 10%, $V_{堆}=10 \text{ m}^3$	翻堆
13#	地面	新鲜蔗渣,牛粪占堆体积的 10%, $V_{堆}=15 \text{ m}^3$	翻堆

注: $V_{堆}$ 表示堆肥的体积。

式定氮法^[6];全碳,油浴加热- $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 容量法^[6];基质速效钾,火焰光度计法^[6];有效磷, NaHCO_3 浸提-钼锑抗比色法^[6];有效氮,碱解扩散法^[6];交换性钙,干灰化法,使用5%的盐酸(优级纯)溶解,加入1 mL 15%氯化镉定容^[6];基质pH,电位法^[6]($V_{样品}:V_{蒸馏水}=1:5$);基质EC,采用DDSJ-308型电导率仪测定。

数据用EXCEL进行统计分析。

1.2 基质育苗试验

试验点设在位于西双版纳州普文镇的云南省热带林业研究所,小区面积为92 m²。供试基质来自甘蔗渣堆沤试验的基质和从芬兰进口的育苗基质,以当地森林表土为对照,编号为:1#、2#、3#、4#、5#、6#、7#、10#、11#、12#、13#、芬#、森#。供试植物为云南热区珍贵速生阔叶树种团花(*Anthocephalus chinensis*)。

1.2.1 试验设计

基质育苗试验采取随机区组试验设计,共设13个处理,3次重复,处理号与基质编号相同,即:1#、2#、3#、4#、5#、6#、7#、10#、11#、12#、13#、芬#、森#。

1.2.2 试验管理

供试团花种子采自西双版纳州,于2004年10—12月份将团花成熟果实装入塑料编织袋里堆沤2~3周,当果实腐烂后倒入大盆内用手捏碎,用自来水冲洗2~3次,将漂浮在水面上的种子捞出,风干后装入玻璃瓶内保存。

苗圃地选择在排灌方便的造林地附近。2005年3月15日播种于砂盘,播种量为1 g·m⁻²,播种后需防止蚂蚁搬运种子。12~17 d后种子开始发芽,棚内种子发芽率达40%时,白天将塑料棚的两头打开,晚上再

封住,以免温度过高烧伤幼苗。当有 60%的种子发芽时适当控制水分,保持苗床一定湿度,及时清除杂草。2005 年 5 月 1 日,移栽到不同基质中,育苗容器选用规格为 8 cm×12 cm 的黑色塑料袋。

1.2.3 苗木的采样及测定方法

采样时期: 分别在团花苗移栽后第 30、45、50、63、82、98 d 采样,每个处理选取有代表性正常生长的苗木 15 株,测定形态、生物量及养分指标。苗木形态指标包括:苗高、地径、主根长、根幅、>5 cm 的侧根数;生物量指标有:地上部干物质积累、地下部干物质积累。苗木茎叶全氮磷钾含量的测定采用 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮,凯氏定氮法测 N,钼黄比色法测 P,火焰光度计法测 K^[7]。

2 结果与讨论

2.1 不同基质堆肥化过程中 C/N 的变化特征

甘蔗渣堆肥化处理过程中,不同基质总 N 含量的变化见表 2。从表 2 中可以看到,所有处理总 N 在堆肥期间都有一个下降阶段,这可能是由于在堆肥过程中有机物的矿化产生的无机氮在高温条件下损失引起的。堆肥后期微生物的固氮作用减少了氮的损失量,使堆肥产品全氮量趋于稳定,这与 Goyal 等人的研究结果一致^[7]。

不同处理堆肥化过程中 C/N 的变化见表 3。从表 3 可以看出,随着堆肥处理时间的延长,C/N 呈下降趋势,其中 6#、7#、12#、13# 下降趋势显著。在试验末期

表 2 甘蔗渣堆肥化过程中总氮的变化(N%)
Table 2 Changes of total nitrogen contents during the composting of bagasse(N%)

处理号	月														
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5
1#	—	0.61	0.57	0.42	0.50	0.59	0.69	0.82	—	0.71	0.99	0.82	1.05	0.55	0.75
2#	0.41	0.68	0.61	0.57	0.61	0.39	0.42	0.59	—	0.82	0.78	1.27	0.46	0.51	0.55
3#	0.41	0.47	0.45	—	0.47	0.52	0.71	0.76	0.67	0.65	0.48	0.56	0.64	0.70	0.59
4#	0.53	1.52	1.52	1.02	1.56	1.31	1.28	1.60	1.37	1.36	1.29	1.24	1.16	1.21	1.15
5#	1.05	—	1.67	1.25	1.25	1.15	1.25	1.18	1.15	1.32	1.26	1.26	1.13	0.99	0.69
6#	0.57	0.61	—	0.67	0.47	0.85	—	0.59	0.88	0.59	0.80	—	0.83	0.87	0.92
7#	1.23	1.09	1.30	1.18	1.43	1.15	0.89	1.28	1.11	0.88	1.02	1.10	1.26	1.31	1.25
10#	0.47	0.46	0.55	0.56	0.54	0.61	—	0.55	0.57	0.81	0.68	0.60	0.76	0.63	0.55
11#	0.43	0.36	0.70	0.64	0.47	0.39	0.68	0.70	0.64	0.89	0.60	0.62	0.53	0.57	0.48
12#	0.55	0.70	0.79	0.86	0.84	0.79	0.60	0.50	—	—	—	—	—	—	—
13#	0.57	0.77	0.81	0.97	0.89	0.70	0.63	0.68	—	—	—	—	—	—	—

注:表中数据均是平均值,“-”为未采样点,下同。
Note: Data were all means. “-” was no sample, the same as below.

表 3 甘蔗渣堆肥化过程中不同基质的 C/N 变化
Table 3 Changes of C/N value in different substrates during the composting of bagasse

处理号	月														
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5
1#	—	61	59	91	69	54	70	39	—	75	56	59	22	32	20
2#	77	56	54	61	60	97	88	33	—	38	37	14	64	54	57
3#	81	66	64	—	57	70	30	34	39	43	56	44	32	14	38
4#	77	23	24	31	19	28	21	17	19	22	27	25	25	23	24
5#	37	—	17	26	25	19	22	23	46	24	26	22	26	27	40
6#	59	50	—	80	55	34	—	37	20	48	19	—	43	16	17
7#	27	29	25	23	31	24	27	21	20	25	22	18	16	16	13
10#	88	81	71	65	70	66	—	73	68	43	58	88	45	61	61
11#	83	102	52	54	81	84	34	45	47	37	42	60	60	38	71
12#	68	66	51	47	40	32	28	25	—	—	—	—	—	—	—
13#	57	50	43	38	35	30	23	22	—	—	—	—	—	—	—

1#、6#、7#、13# 基质的 C/N 小于或等于 22。在本试验条件下,甘蔗渣堆沤后 C/N 小于或等于 22 是腐解完成的标志,这在后续的基质育苗试验中有进一步的证明。不同处理中有机碳含量与堆沤时间呈负相关性,随堆沤时间的延长有明显的下降趋势。

甘蔗渣堆肥化过程中 C/N(y)与堆肥时间(x,月)的相关性如表 4 所示。结果表明:6#、7# 处理的 C/N(y)与堆肥时间(x,月)之间呈显著的线性相关,6# 处理的相关系数 R^2 为 0.533 5,7# 处理的相关系数 R^2 为 0.712 2,而 4# 处理的相关系数 R^2 仅为 0.180 1,这说明随着堆肥时间的推移,4# 基质中温度上升得不

表 4 甘蔗渣堆肥化过程 C/N(y)随堆沤时间(x,月)变化的回归方程

Table 4 The regression equation between C/N values(y)and composting months(x)

处理号	回归方程	相关系数 R^2
1#	$y = -5.215 \ 4x + 76.405$	0.374 6
2#	$y = -0.898 \ 7x + 60.754$	0.121 5
3#	$y = -2.303 \ 6x + 62.962$	0.226
4#	$y = -1.357 \ 1x + 37.857$	0.180 1
5#	$y = -0.803 \ 2x + 28.504$	0.129 4
6#	$y = -6.249 \ 6x + 65.353$	0.533 5**
7#	$y = -0.975x + 30.267$	0.712 2**
10#	$y = -3.068 \ 9x + 79.385$	0.278 5
11#	$y = -6.061 \ 5x + 81.231$	0.361 2
12#	$y = -13.214x + 74.357$	0.969 1**
13#	$y = -0.097 \ 7x + 5.890 \ 5$	0.982**

注:表中相关系数与 2# 的 R^2 进行差异显著性检验,显著性水平:

* 表示 $P < 0.05$, ** 表示 $P < 0.01$ 。

够,与甘蔗渣堆肥化速度较慢有关。12#、13# 加入有机肥的处理 4 个月甘蔗渣即可腐熟,C/N 达到 25、22,而加入尿素的 10#、11# 处理,7.5 个月 C/N 仍在 61、71,说明尿素对微生物活动有不利影响,因为尿素可使蛋白质变性。

2.2 不同基质的理化性质分析

基质物理性质的优劣是决定育苗成功与否的关键。据有关研究表明^[8-9],使苗木生长良好的理想基质的容重范围为 $0.5 \sim 0.8 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、总孔隙度在 70%~90% 之间,持水孔隙度不低于 50%。甘蔗渣堆肥化处理结束时不同基质的物理和化学性质见表 5。从中可以看出,总孔隙度 > 80% 的基质有 1#、2#、6#、7#、13#,其中 2# 基质的总孔隙度最大,达 94.9%;持水孔隙度在 50% 以上的基质有 1#、5#、6#、7#、12#、13#,其中 13# 基质的持水孔隙度最大,达 65.1%;容重在 $0.5 \sim 0.8 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 范围内的基质有 1#、2#、3#、6#、7#、10#、12#、13#。本试验中 1#、13#、6#、7#、12# 基质的容重、总孔隙度、持水孔隙度等方面均能满足苗木的正常生长需要。

由表 5 可知,各基质的有效养分碱解氮、有效磷、速效钾都能满足育苗要求,不需再加入营养液来调节或平衡养分的供应;交换性钙的含量以 7#、13#、1#、6# 为佳,能满足苗木生长需要,其中 7# 基质的交换性钙含量最高,达 $6 \ 371 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,13# 基质的交换性钙含量也较高,达 $2 \ 371 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

基质 EC 值表示基质养分的供应潜力,这一特性取决于根系周围的盐浓度,受基质自身的养分含量、

表 5 试验末期不同基质的物理和化学性质

Table 5 Physical and chemical property of different substrates by the end of experiment

项目	处理号										
	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	10#	11#	12#	13#
总孔隙度/%	81.6±3.2	94.9±2.0	55.3±2.1	54.8±2.4	65.4±5.4	85.2±3.2	83.7±4.7	68.5±3.8	78.8±3.1	71.6±3.8	80.1±2.5
持水孔隙度/%	50.5±2.1	49.9±1.4	43.5±2.4	38.0±1.2	64.1±2.7	53.4±1.8	56.1±2.9	46.6±1.8	43.0±1.9	53.1±1.2	65.1±3.1
容重/ $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$	0.62±0.02	0.56±0.04	0.56±0.03	0.49±0.07	0.44±0.05	0.54±0.08	0.56±0.09	0.51±0.02	0.46±0.06	0.59±0.08	0.54±0.09
含水量/%	36.6±2.7	24.9±3.2	46.3±1.9	40.9±1.6	46.4±2.3	49.3±2.9	43.8±2.1	32.5±2.0	54.7±1.8	49.3±1.6	50.4±1.5
碱解氮/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	610.4±12.4	742.6±15.6	800.8±22.5	2258.7±34.7	1774.8±29.7	535.5±19.3	566.1±11.1	589.9±15.8	483.0±9.7	578.1±13.2	611.1±21.4
有效磷/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	35.2±5.7	118.9±7.5	92.3±5.5	116.8±5.2	272.9±6.1	107.0±1.1	67.1±2.4	48.7±1.9	67.5±3.4	77.5±1.7	69.1±1.3
速效钾/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	101.1±3.5	60.5±2.4	108.0±1.9	365.0±6.7	685.8±8.7	296.2±2.2	227.8±2.4	161.0±1.4	135.7±1.1	163.1±1.4	273.6±1.5
交换性钙/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	1 753±54	402±34	1 356±33	688±21	1 335±23	1 623±29	6 371±37	1 020±31	913±22	872±26	2 371±37
pH	7.09±0.02	6.98±0.01	6.69±0.01	6.34±0.02	6.19±0.03	6.33±0.07	6.13±0.13	6.77±0.14	6.92±0.11	6.30±0.04	6.75±0.13
EC/ $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$	0.50±0.01	0.84±0.01	1.02±0.04	4.64±0.17	3.89±0.16	1.02±0.03	2.24±0.19	0.34±0.06	0.20±0.01	2.10±0.26	2.33±0.33

注:表中数据均是平均值±标准差。

Note: The data were means±standard errors.

阳离子交换性能、栽培植物对养分需求的多少、吸收养分的能力等影响。EC 值过低则营养缺乏,过高则造成盐渍伤害,不同植物对盐分的忍耐程度不同,耐盐力低的植物对 EC 的忍耐值为 $2\sim 4\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$,中等耐盐的植物为 $4\sim 10\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$,高耐盐的植物为 $10\sim 18\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1[10]}$ 。本试验 4#、5# 基质 EC 值过高,其余基质的 EC 值均在正常范围之内。pH 对植物的影响表现在两方面:一方面,不同的植物要求不同的 pH 值范围,有喜酸植物,也有喜碱植物,应根据不同植物的喜好进行调整,团花苗期喜好酸性条件;另一方面,pH 影响着养分的形态及有效含量。大量元素在 pH 为 6.0 时有效性最大,若基质的 pH 值超过 7 以上, Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cu^{2+} 易沉淀而成为无效养分,1# 基质的 pH>7,不适宜作育苗基质;在过酸条件下,有些微量元素不仅养分有效性降低,还可能产生毒害。因此基质的 pH 值以 6.0~7.0(5.5~6.5)^[11] 为宜。因此在本试验条件下,除 1# 基质外的其他基质 pH 均在 6.0~7.0 范围内,为适宜基质。

综上所述,6#、7#、13# 基质是本试验条件下筛选出的较为理想的育苗基质,其物理和化学性质在理论上均满足苗木需求,然而这 3 种基质能否成为团花苗木的适宜基质,要由下一步的基质育苗试验验证。

2.3 不同基质苗木生长效应分析

2.3.1 不同基质对苗高生长的影响

基质育苗试验过程中不同基质对苗高生长的影响见图 1。从图 1 可看出,随着苗木生长时间的推移,苗木不断增长,且各个阶段苗木增长较为平稳、均匀,没有特别明显的速生或缓生阶段,这与试验时正处于夏季,为幼苗生长提供了充沛的光温条件有关。苗木生长 40 d 后,对照森 # 的苗木生长最缓慢,几乎停滞,13# 和 7# 的苗木生长最快,其余处理的苗木生长平稳。苗木移栽 70 d 后,13# 和 12# 的苗木最高,极显著高于森 #;试验末期,10#、13#、6# 和 7# 基质的苗木生长较快,13# 苗木生长有下降趋势,这主要是由该处理苗木长势较快,后期长势放缓,甚至出现顶部萎蔫的原因。对不同基质的苗高进行的 F 检验表明(见表 6),生长 70 d 时各处理间苗高差异不显著 ($F=1.09<F_{0.05}=2.40$),但生长末期不同处理苗高差异达显著水平 ($F=2.50>F_{0.05}=2.40$)。从整体来看,13#、6# 生长最好,7# 较次之,10# 后期生长较好,生长潜力较大。

2.3.2 不同基质对地径生长的影响

图 2 为不同基质对团花地径生长的影响。结果表明,所有处理的团花地径在生长过程中平稳增粗,试

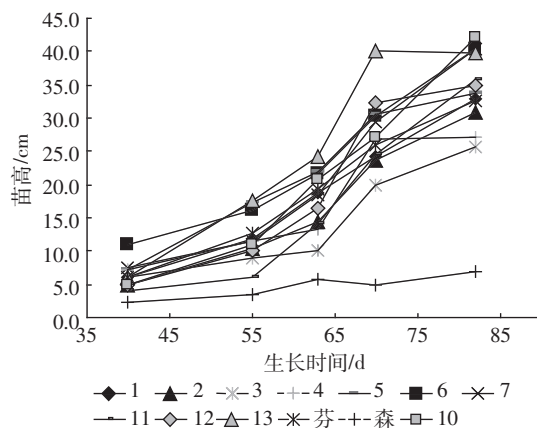


图 1 不同基质对苗高生长的影响

Figure 1 Effects of different substrates on height of seedling

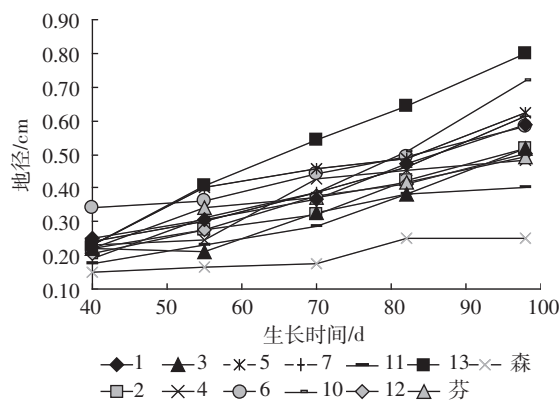


图 2 不同基质对地径生长的影响

Figure 2 Effects of different substrates on basal diameter of seedling

表 6 不同基质的团花苗木形态和生物量指标的方差分析(F 检验)

Table 6 Variance analysis of growth character and biomass of seedling with different substrates

F 值	形态指标					生物量指标		备注
	苗高	地径	根幅	主根长	侧根数	地上干重	地下干重	
试验中期	1.09	0.49	0.16	1.08	0.42	0.36	0.30	$F_{0.05}=2.40$
试验末期	2.50*	10.27**	2.41*	1.70	3.98**	5.71**	2.45*	$F_{0.01}=3.45$

验初期,不同处理的苗木地径差异不显著;生长中期时不同基质的地径差异不显著;生长末期时不同基质的差异较大,达到极显著水平 ($F=10.79>F_{0.01}=3.45$) (见表 6)。13# 苗木地径最粗,显著大于对照,比对照增加 220.0%;10#、5# 次之;1#、2#、3#、4#、6#、7# 和

11#居中,森#地径表现最差。说明13#基质和5#基质及10#基质在地径生长上表现较好,有较强的机械稳定性和抗风倒能力。

2.3.3 不同基质对根幅生长的影响

图3为苗木生长过程中不同基质对团花根幅生长的影响。结果表明,生长前期(55 d),不同基质对团花根幅生长影响不显著;生长中期(70 d),对照森#的团花根幅生长明显小于其他处理,差异显著,12#的根幅表现较好;生长后期(98 d),12#的根幅生长速度放缓,优势消失。11#和10#生长前期根幅增长缓慢,未见优势,但后期增长较快,明显超过前期表现较好的2#、6#处理;10#和11#基质较对照的根幅分别增长87.5%和100.0%。

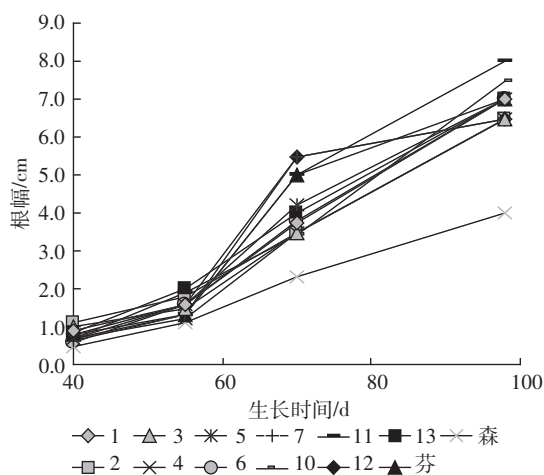


图3 不同基质对根幅生长的影响

Figure 3 Effects of different substrates on root width

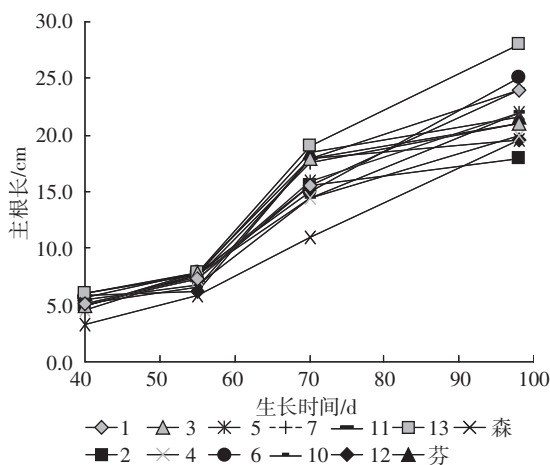


图4 不同基质对主根生长的影响

Figure 4 Effects of different substrates on growth of seedling of main root of seedling

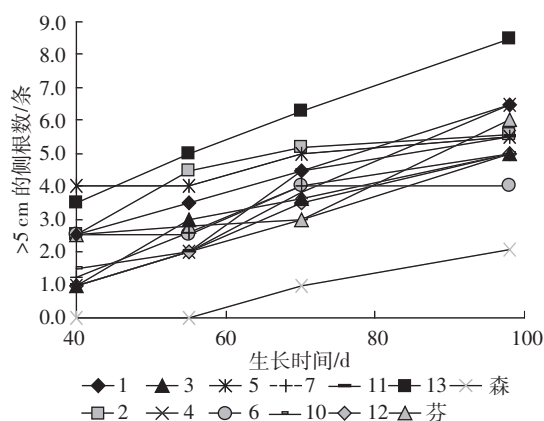


图5 不同基质对>5 cm侧根生长的影响

Figure 5 Effects of different substrates on lateral root (>5 cm) of seedling

2.3.4 不同基质对主根生长的影响

不同基质对主根生长的影响见图4。结果表明,所有处理的团花主根生长均呈增加趋势,到生长末期时,13#的主根最长,根系生长加快;其次是6#、10#的主根,2#的主根出现生长停滞。从表6不同基质主根长的 F 检验中可看出,生长中期(70 d)和末期(98 d)不同基质的苗木主根长虽有差别,但差异不显著。生长末期,13#和6#的主根最长,分别比对照增加43.6%和28.2%,根系团聚力较好,有较好的盘根现象;1#、4#、3#、5#、7#和11#居中;而12#和森#的主根最短,没有盘根现象。

2.3.5 不同基质对>5 cm侧根生长的影响

不同基质对>5 cm侧根的生长影响结果见图5,在生长过程中13#和1#的苗木有强劲的主根生长能力,侧根数最多,10#根系末期拓展能力强但侧根数较13#和1#少。2#和5#苗木的侧根数虽高于对照,但根系拓展能力较弱,生长后期增幅较小。从表6不同基质>5 cm侧根数的 F 检验中可看出,生长中期(70 d),>5 cm的侧根数差异不显著,此时苗木幼嫩,地上部生长较快,地下部侧根萌发不久,根系团聚结构不明显;生长末期(98 d),不同基质>5 cm的侧根数差异加大,达极显著水平($F=3.98>F_{0.01}=3.45$),说明此时有些苗木已形成较为完整的根团。13#基质的侧根数最多,1#和4#基质次之,且显著高于对照,它们分别比对照增加304.8%、209.5%和209.5%,说明13#、1#和4#基质对侧根的发育有较好的效果,6#基质侧根数表现虽不理想,但6#基质的主根生长表现较好,有较好的盘根现象。

2.4 不同基质对团花苗木生物量的影响

2.4.1 不同基质对地上部干物质积累的影响

不同基质对地上部干物质积累的影响结果见图 6。在团花苗木生长过程中,森#的地上部干物质积累量显著低于其余处理。生长 40 d 后其余处理的苗木地上部生长较快,其干物质迅速积累,持续到试验末期。13# 苗木生长 55 d 后干物质积累能力迅速加强,直到生长末期,其干物质积累量明显高于其他处理,其次是 7#,这与 7# 和 13# 的苗高、地径表现较好有关。5# 苗木在生长前期表现中等,但末期长势较快,干物质积累量略低于 7#。6# 苗木前 70 d 干物质积累增长较快,但末期积累幅度大大降低,地上部干物质积累较低,说明 6# 基质能缩短育苗周期,进而降低育苗成本。从表 6 可知,生长中期,不同基质对苗木地上部干物质积累的影响在前 55 d 差异不显著($F=0.36 < F_{0.05}=2.40$),70 d 以后差异逐步显现,至 98 d 时各基质的差异达极显著水平($F=5.71 > F_{0.01}=3.45$),综合看,地上部干重以 13#、7# 和 5# 基质表现最好,10#、1#、6# 和 2# 基质表现居中,以 3#、芬# 和森# 最差。

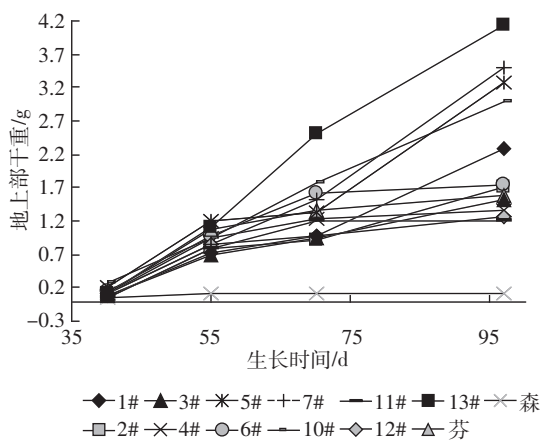


图 6 不同基质对地上部干物质积累的影响

Figure 6 Effects of different substrates on shoot dry weight of seedling

2.4.2 不同基质对地下部干物质积累的影响

不同基质对苗木地下部干物质积累的总体情况与地上部类似,结果见图 7。生长初期,苗木地下部生长缓慢,尚未形成根团,干物质积累少且各基质差异不显著 ($F=0.30 < F_{0.05}=2.40$) (见表 6); 生长中期,13# 基质的优势开始显现,地下部干物质迅速积累,优势一直持续到试验末期;生长末期,6# 基质的干物质积累加强,其积累量仅次于 13# 基质,不同基质的地下部干物质积累差异显著 ($F=2.45 > F_{0.05}=2.40$) (见表 6),

13#、6# 和 7# 基质地上部干物质积累较多,10#、1#、11# 和 12# 基质居中,3# 和 4# 基质干物质积累表现最差。

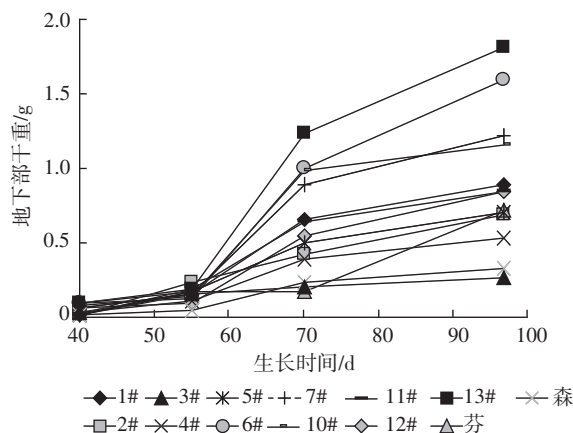


图 7 不同基质对地下部干物质积累的影响

Figure 7 Effects of different substrates on root dry weight of seedling

3 结论

(1) 云南省热区西双版纳州存在大量的甘蔗渣,它是堆肥化处理用作育苗基质的理想原材料。占原材料配比 90% 的甘蔗渣经堆肥化处理仍具有较好的理化性质,适宜用作团花育苗基质。基质中各有效成分如有效磷、速效钾、交换性钙的含量均能满足团花苗木营养需求。

(2) 在本试验条件下的基质堆沤试验中,总 N、C/N 随着甘蔗渣堆肥化进程而呈下降趋势,当 C/N 小于等于 22 时,堆肥完成,而其他养分如有效磷、速效钾、交换性钙的含量呈增加趋势。

(3) 在本试验条件下的基质育苗试验中,试验中期,不同基质对团花苗高、地径、根幅、主根长、>5 cm 侧根数、地上部干物质积累、地下部干物质积累的影响不显著;试验末期,不同基质对团花苗高、根幅影响显著,对地径、>5 cm 侧根数的影响达到极显著水平。苗高、地径没有明显的速生期,各个时期增加的幅度较为均匀。

(4) 13# 基质是热区珍贵速生阔叶树种团花良种繁育的理想基质,其次是 6# 基质。

参考文献:

- [1] 聂艳丽,刘永国,李 娅,等. 甘蔗渣资源利用现状及开发前景[J]. 林业经济, 2007(5): 63-65.
- NIE Yan-li, LIU Yong-guo, LI Ya, et al. Report on utilization and prospect of sugar cane bagasse resources[J]. *Forestry Economics*, 2007

- (5):63-65.
- [2] 徐 智, 汤 利, 毛昆明, 等. 牛粪对西番莲果渣高温堆肥腐熟进程的影响[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(2):507-511.
XU Zhi, TANG Li, MAO Kun-ming, et al. Effect of cow manure on passion fruit marc high-temperature compost maturity[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2006, 25(2):507-511.
- [3] 杨国义, 夏钟文, 李芳柏, 等. 不同填充料对猪粪堆肥腐熟过程的影响[J]. 土壤肥料, 2003(3):29-33.
YANG Guo-yi, XIA Zhong-wen, LI Fang-bai, et al. Effect of different bulking agents on the maturity of pig manure composting[J]. *Soils and Fertilizers*, 2003(3):29-33.
- [4] 杨德军, 邱 琼, 王达明, 等. 团花育苗技术研究[J]. 广西林业科学, 2004(2):39-41.
YANG De-jun, QIU Qiong, WANG Da-ming, et al. Research on nursing technology of *Anthocephalus chinensis* [J]. *Guangxi Forestry Science*, 2004(2):39-41.
- [5] 朱先成, 陶永强, 杨 军. 团花育苗与造林 [J]. 林业实用技术, 2005(2):19-20.
ZHU Xian-cheng, TAO Yong-qiang, YANG Jun. Seedlings growing and afforestation for *Anthocephalus chinensis* [J]. *Forest Science and Technology*, 2005(2):19-20.
- [6] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000. 12.
- BAO Shi-dan. Soil agro-chemistry analysis[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000. 12.
- [7] Goyal S, Dhull S K, Kapoor K K. Chemical and biological changes during composting of different organic wastes and assessment of compost maturity[J]. *Bioresour Technol*, 2005, 96(14):1584-1591.
- [8] Huang G F, Fang M, Wu Q T, et al. Co-composting of pig manure with leaves[J]. *Environ Technol*, 2001, 22(10):1203-1212.
- [9] 周跃华, 聂艳丽, 赵永红, 等. 国内外固体基质研究概述[J]. 中国生态农业学报, 2005, 13(4):40-43.
ZHOU Yue-hua, NIE Yan-li, ZHAO Yong-hong, et al. Research on solid substrate in the whole world[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2005, 13(4):40-43.
- [10] 唐艺荣. 城市污泥堆肥用于非洲菊无土栽培的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2002.
TANG Yi-rong. Study on use of municipal sludge compost in soilless culture of *Gerbera* [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2002.
- [11] 李国学, 张福锁. 固体废弃物堆肥化与有机复混肥生产 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2000.
LI Guo-xue, ZHANG Fu-suo. Solid wastes composting and organic compound fertilizer manufactured[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2000.

《农业环境科学学报》获 2008 年度 “中国精品科技期刊”称号

经中国精品科技期刊遴选指标体系综合评价,《农业环境科学学报》被评选为 2008 年度中国精品科技期刊。此次评选是国家为加强我国科技期刊资源建设,提高我国科技期刊总体水平,根据目前我国科技期刊的发展状况以及国家精品科技期刊的总体目标,由科技部经过公开征集社会各界意见和多次专家研讨及中国精品科技期刊遴选指标体系综合评价,从 6000 多种科技期刊中评选出的首批中国精品科技期刊,共 300 种。

