

赖鹏豪,马晓建,常 春,等. 稻壳连续炭化装置研究[J]. 江苏农业科学,2015,43(1):338-342.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.01.112

稻壳连续炭化装置研究

赖鹏豪,马晓建,常 春,张旭东

(郑州大学化工与能源学院,郑州市 450001)

摘要:以稻壳为原料针对自行设计的连续炭化装置进行了热解试验和研究。连续炭化系统的 3 大系统组成:机械部分、加热部分和冷却部分。每一部分都对热解过程产生很大的影响。本试验装置在螺旋输送研究的基础上同时考虑炭化过程的特殊性将加热部分分为 3 段,即干燥段、干馏段、析出段。通过冷态和加热的试验分别验证了此装置对于物料输送和炭化的效果,得到了令人满意的试验结果,表明该装置具有很好的应用前景。

关键词:生物质;热解;炭化时间;热量

中图分类号:S-33;TK64 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)01-0338-04

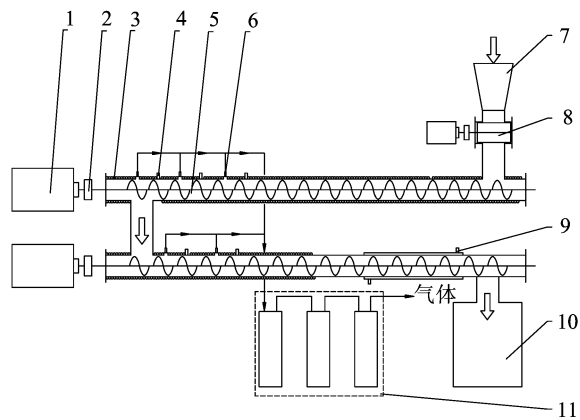
随着石油枯竭和生态环境恶化,寻找新的能源替代化石能源是当务之急,其中生物质能源近年来备受关注。我国是一个能源大国,同时也是一个农业大国,农业废弃物的数量巨大,每年有 7 亿 t 以上,为此利用农业废弃物替代化石能源具有十分重要的意义。目前较为普遍的是将秸秆进行压缩直接当做固体燃料发电,这种方法存在能源利用率低、环境二次污染的不足。而生物质的热解作为一种古老而又十分有效的处理方式,一直以来都得到大家的认可,无论是生物质气化、液化,本质上都是生物质的热解过程,使得生物质的应用领域更加广阔,所得的固、液、气三相物质都可以作为能源或者是化工的基础产品^[1-3]。其中以得到固体炭为目标的生物质炭化过程目前已经进行了大量的研究,但大多为间歇式,此类方式存在生产效率低下和热解产物利用不充分的问题,为此在本试验中对生物质的连续炭化装置进行研究,旨在获得高效的生物质连续炭化装置,为提高生物质利用效率奠定基础。

1 试验装置

本试验采用的是自行设计的连续型生物质炭化装置,它依靠螺旋型叶片的推动实现生物质的连续输送过程。与其他相关炭化装置相比有以下不同:(1)按照干馏的 3 个阶段^[4]:干燥段、干馏段、保温段,采用分段加热,而非整体式加热;(2)依靠星型进料器进行密封而非在开始端使用变螺距螺旋;(3)气体出口沿轴向多点布置,温度计沿轴向多点布置,考察实际干馏过程的温度变化规律;(4)采用自动温控箱对各段温度进行控制。

本装置由机械部分、电加热系统、气体冷却系统共同构成(图 1)。由于不同的炭化系统形式所获得的炭化参数不尽相

同,为此有必要对本试验的炭化系统的结构和工作原理做适当说明,下面就依此分 3 个部分介绍整套系统。



1—电机(含减速机);2—联轴器;3—加热套;4—气体出口;5—热电偶接口;6—螺旋轴;7—料仓;8—星型进料器;9—冷却夹套;10—炭仓;11—气体冷却装置

图1 连续炭化试验设备简图

1.1 机械部分

本试验装置按照常规螺旋进行设计并确定试验装置各部分尺寸^[5]:螺旋直径 115 mm,螺距 100 mm,螺旋叶片厚度 2 mm,筒体为 133×6 的不锈钢无缝钢管,筒体有效长度 3 m,主轴采用 38×4 的不锈钢无缝钢管。本装置选取电机功率为 1.5 kW,螺旋转速调整由减速器和变频器进行调节,选取了减速比为 35 的摆线针轮减速器;在轴端密封采用盘根形式的填料密封,外部通过夹套进行水冷却,在各个螺旋的末端安装 1.25 圈的反向螺旋^[6]以方便下料;温度计接口和气体出口在第 2 段即干馏反应段相对集中,以便于气体排出和温度测量。

1.2 加热部分

加热采用的是电加热套,加热套材料为 Gr30Ni70,根据试验室的线路情况同时保证较短的时间内升温到试验所需温度选取每段 3 kW^[7],总的最大加热能力 9 kW。

1.3 冷却部分

冷却部分包含 2 个区域:固体产物冷却和气体产物冷却。固体冷却放在螺旋的后半段,使得连续排放的固体产物的温

收稿日期:2014-02-13

基金项目:国家自然科学基金(编号:21176227);河南省教育厅科学技术重点研究项目(编号:14A530002)。

作者简介:赖鹏豪(1988—),男,硕士研究生,研究方向是生物制品分离与设备。E-mail:lp742792666@126.com。

通信作者:马晓建,教授,博士生导师,研究方向是生物质资源化利用。E-mail:maxj@zzu.edu.cn。

度维持在 24 ℃, 气体冷却是将各气孔的气体汇集以后分别通过一级、二级、三级冷凝装置进行冷却。反应时通过监测炭仓温度和气体最终冷却温度来调节冷却水进量。

2 结果与分析

2.1 冷态测试

将一定量的稻壳倒入料仓中, 同时开动进料器, 然后启动上、下螺旋轴并计时, 当有稻壳流出时记录时间 t_1 , 接着直到稻壳完全流出时记录时间间隔 t_2 , 具体的试验数值参见表 1, 最后计算得到此设备的输送能力, 为炭化过程提供必需的数据依据, 同时为以后的设计提供参考。

表 1 稻壳冷态输送效果

n	t_1	t_2	τ	v	η_v	m_L	Q_m
0				0			0
2.6	21.5	17.5	16.1	0.24	21.3	0.24	3.43
3.5	16.3	15.3	12.2	0.32	18.4	0.21	3.91
4.5	13.0	13.0	9.8	0.40	17.3	0.19	4.62
5.5	10.6	8.8	8.0	0.48	20.9	0.23	6.80
6.0	9.0	8.0	6.8	0.57	19.7	0.22	7.55
6.8	8.0	7.1	6.0	0.65	19.6	0.22	8.51
7.6	7.0	6.1	5.3	0.74	20.0	0.22	9.86
8.4	6.4	5.4	4.8	0.81	20.4	0.23	11.07
9.3	5.8	5.0	4.3	0.90	20.0	0.22	12.00
10.1	5.3	4.4	4.0	0.98	20.8	0.23	13.64
11.1	4.8	4.6	3.6	1.07	18.3	0.20	13.09
12.9	4.5	4.2	3.4	1.14	18.7	0.21	14.23

注: n : 测速仪测得的数据, r/min; t_1 : 从螺旋转动到出料的时间间隔, min; t_2 : 从刚开始出料到物料完全出完的时间间隔, min; τ : 指稻壳经过加热段的时长, 即反应时间, $\tau = t_2 \times 0.75$, min; η_v : 平均填充率, %; v : 前进速度, $v = 5.16/t_1$, m/min; m_L : 螺旋单位长度物料重量, kg/m; Q_m : 质量流量, $Q_m = 60/t_2$, kg/h。

对一个螺旋输送机来说, 物料填充率的大小至关重要, 它很难通过定量计算的方式获取, 最简便的方法就是在设备调试阶段进行测试, 计算之前假定物料在螺旋内部物料沿轴向分布一致, 并且每一点的运动状态也一致, 设物料重 m (本试验取 1 kg 稻壳), 记录物料从进料到刚开始出料的时间间隔 t_1 , 如表 1 中的 t_1 记录值, 出料到完全出完料的时间间隔 (除去始末两端出料稀少的时间) t_2 , 如表 1 中的 t_2 记录值, 假定螺旋的有效输送长度为 L , 则物料的输送速度可以表示为 $v = L/t_1$, 则物料在管内的相对长度 L' 可以表示为 $L' = v \times t_2$, 从而得到单位长度管道内的物料重量 m_L :

$$m_L = \frac{\pi}{4} \times \rho \times (D_0^2 - d^2) \times \eta_v = \frac{m}{L'}。$$

式中: m_L 表示物料堆积密度, kg/m; D_0 表示筒体内径, m; d 表示轴径, m; η_v 表示填充率, %; m 表示物料重, kg。

由上式可以反求得到填充率的近似值:

$$\eta_v = \frac{4}{\pi} \times \frac{1}{\rho} \times \frac{m}{L} \times \frac{t_1}{t_2} \times \frac{1}{D_0^2 - d^2}。$$

本设备通过测量不同转速下的填充率, 求其平均值得到 η_v 为 19.2%, 并依此数值进行流量的理论值计算。在此填充率下, 管内颗粒方便受热, 同时在较低填充率下使得稻壳颗粒有足够的空间发生混合, 使得炭化均匀度更高, 所以一般生物

质炭化设备填充率的推荐值不要超过 30%。

螺旋输送的质量流量公式我们参照流体力学公式 $Q_m = \rho \cdot v \cdot A$ 并引入填充率 η_v 和系数 C_1 , 则螺旋的输送量为:

$$Q_m = C_1 \cdot \eta_v \cdot \rho \cdot v \cdot A。$$

式中: v 表示表示轴向速度平均值, 根据其理论值^[8]引入次数 C_2 , 则轴向速度表示为 $v = C_2 \cdot S \cdot n$, m/min; A 表示指螺旋横截面积, $A = \pi \cdot (D^2 - d^2)$, m²; D 表示螺旋外径, m。

将各项代入并整理可得 $Q_m = C_1 \cdot C_2 \cdot \rho \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot n \cdot S \cdot \eta_v$, 令 $C = C_1 \cdot C_2 \cdot \frac{\pi}{4}$, 则质量流量公式为:

$$Q_m = C \cdot \rho \cdot (D^2 - d^2) \cdot n \cdot S \cdot \eta_v。$$

从上式可以看出当螺旋参数一定时输送某种物料的输送流量仅与转速成正比。为求取常数 C , 不妨设 $Q_m = k \cdot n$, 参照最小二乘法思想求解, 代入数据得到 k 等于 1.25, 进而得到常数 C 为 50.24。则螺旋输送生物质的理论质量流量公式为:

$$Q_m = 50.24 \times \rho \times (D^2 - d^2) \times n \times S \times \eta_v。$$

理论流量与实测流量之间的关系见图 2。

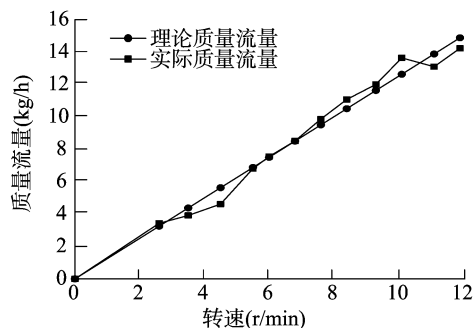


图2 理论质量流量与实测流量之间的关系

因此, 对于按照常规设计的螺旋输送机用来输送生物质颗粒, 此时 $d = 0.3D$, $S = D$, $\eta_v = 20\%$ 。可以将上述的 k 值代入得到质量流量的估计值为: $Q_m = 9.14 \times \rho \times D^3 \times n$, 用于输送量的粗略估计。

2.2 热解过程

试验材料: 自然风干的稻壳。试验条件: 设置第 1 段温度 250 ℃, 第 2 段 500 ℃, 第 3 段 550 ℃^[9], 转速分别是 3.5、5.5、6.8、8.4、10.1 r/min, 分别用 A、B、C、D、E 表示。

2.2.1 热量分析 由于本装置螺旋直径较小使得径向温度差距不大同时螺旋直径相对于螺旋的长度小得多, 另外本试验过程中各点的温度变化量都不大, 而此变化量大小与热量变化的大小存在一定的关系, 即剧烈的温度变化必然对应剧烈的热量变化, 此变化关系在小范围内可以近似为线性关系, 因此为方便和简化温度数据的处理以及快速建立温度变化与热量变化之间的关系, 作出如下简化:

(1) 忽略温度场径向方向的差异, 温度场在空间上仅沿轴向变化, 即 $T \sim T(x_i, t)$;

(2) 轴向单位长度内, 温度场的热量变化与温度变化量成正比, 且比值恒定。

在此简化条件(1)的前提下定义 T_m 、 T_n 。 T_m 表示在不加生物质不使用加热套的前提下温度场的温度值, $T_m \sim T_m(x_i,$

$t)$; T_n 则是在添加生物质不使用加热套条件下温度场的温度值, $T_n \sim T_n(x_i, t)$ 。

在 0 时刻第 i 点的温度为 $T(x_i, 0)$, 其余任意时刻的温度为 $T(x_i, t)$, 其中 x_i 表示第 i 个测温点距离 T_0 沿轴向距离 (忽略竖直段长度, 具体位置见图 3), 可得:

$$\Delta T_m(x_i, t) = T_m(x_i, t) - T_m(x_i, 0)。$$

同理可得

$$\Delta T_n(x_i, t) = T_n(x_i, t) - n(x_i, 0)。$$

进而得到

$$\Delta T(x_i, t) = \Delta T_n(x_i, t) - \Delta T_m(x_i, t)。$$

其中: $T_m(x_i, t)$ 、 $\Delta T_n(x_i, t)$ 、 $\Delta T(x_i, t)$ 均表示热解反应的温度场温度变化, $\Delta T_m(x_i, t)$ 表示由于设备的辐射散热引起温度场温度的变化量; $\Delta T_n(x_i, t)$ 表示热解引起的温度场变化; $\Delta T(x_i, t)$ 表示 $\Delta T_n(x_i, t)$ 中除去 $\Delta T_m(x_i, t)$ 因散热而引起的温度场变化。

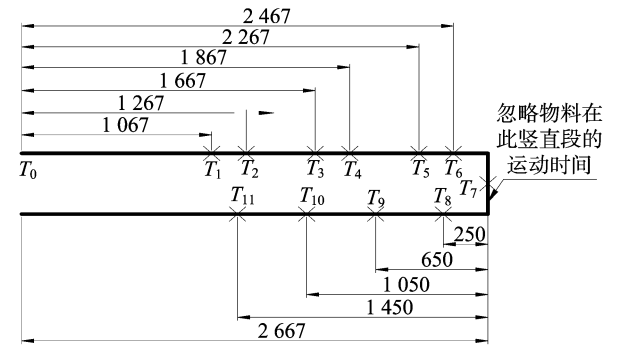


图3 测温点的轴向布置(mm)

考虑到在不使用加热套的情况下, 防止各点温度下降幅度过大, 因此每组试验稻壳用量取 1 kg。分别在 A、B、C、D、E 条件下记录 $T_1 \sim T_{10}$ 测温点的 T_m 、 T_n , 通过处理得到各条件下的终温变化结果 $\Delta T(x_i, t)$ 。

热解一段时间之后随着反应的完成各点都能达到恒定的温度, 即终温恒定, 因此我们可以通过对各点终温沿轴向积分, 再建立温度变化与能量变化之间的关系就可以得到热解所需要的热量。

通过本节开始的简化条件可知在轴线方向上单位长度内热量变化量与其温度变化量成正比, 即 $\delta Q/dx = C_k \cdot \Delta T(x)$, 接下来主要针对如何求取 C_k 值进行讨论。

为求取 C_k , 可以在只有加热套加热的条件下记录各测温点的温度变化, 依照前述温度的处理过程记录并处理得到空白加热条件下的温度变化情况 $\Delta T(x_i, 0)$, 第 2 段的加热功率为 2.5 kW, 第 3 段加热套的加热功率为 2.42 kW, 记录时间为 368 s, 取热效率为 0.7, 则引起第 2 段、第 3 段的温度变化的热量投入为 $\Delta Q = 1.27$ MJ。

将第 2 段加热套的起始端定为 0 点, 加热套覆盖的总长度为 3 m, 其中首尾两点的温度值是根据线型插值得出的估计值, 则各测温点的位置及温度变化如图 4 所示。在 $[0, 3]$ 范围内进行数值积分。即, $\Delta Q = C_k \cdot \int_0^3 \Delta T(x) dx \approx 62.35 \times C_k$, 将 $\Delta Q = 1.27$ MJ 代入得到:

$$C_k = 20.33 \text{ kJ}/(\text{K} \cdot \text{m})。$$

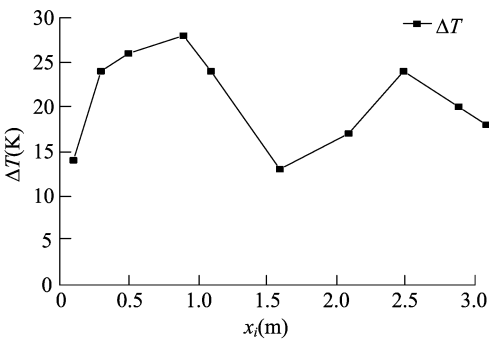


图4 空白加热条件下不同测温点的终温变化

在 C_k 值已知的情况下通过对 1 kg 稻壳在不同热解条件下的终温变化沿轴向积分然后可以方便地求得单位重量稻壳热解吸收的热量值。各条件下的终温变化数据见表 2, 最终的积分处理结果见表 3。

表 2 不同条件下终温变化结果 ΔT_i

测温点	位置 $x_i(\text{m})$	条件 A	条件 B	条件 C	条件 D	条件 E
T_1	1.067	0	-6	-1	-1	1
T_2	1.267	-14	-20	-15	-26	-6
T_3	1.667	-48	-61	-58	-41	-44
T_4	1.867	-43	-54	-52	-34	-44
T_5	2.267	-30	-26	-25	-24	-28
T_6	2.467	6	6	1	1	-8
T_7	2.667	-10	1	-4	-6	-15
T_8	2.917	-7	-16	-9	-10	-7
T_9	3.317	0	-4	-2	3	-6
T_{10}	3.717	6	6	6	9	3

表 3 不同条件下热解过程的热量变化结果

条件	Q_m (kg/h)	ΔQ (kJ/kg)	$P_{\text{总}}$ (kW)
条件 A	3.91	866.6	1.00
条件 B	6.80	1 079.0	1.75
条件 C	8.51	982.4	2.20
条件 D	11.07	792.9	2.86
条件 E	13.64	926.0	3.52

表中: Q 表示热解过程所需热量, $\Delta Q = C_k \cdot \int_{1.067}^{3.717} \Delta T_i(x) dx$, kJ/kg; $\Delta P_{\text{总}}$ 表示热解过程所需要提供的加热功率, $P_{\text{总}} = \frac{\sum_{i=1}^5 \Delta Q_i}{5} \times \frac{Q_m}{3600} = 0.258 \cdot Q_m$, kW; 将 $Q_m = 50.24 \times \rho \times (D^2 - d^2) \times n \times S \times \eta_v$ 代入 $P_{\text{总}}$ 表达式, 得到: $P_{\text{总}} = 12.96 \times \rho \times (D^2 - d^2) \times n \times S \times \eta_v$, kW。

同理, 将 $Q_m = 9.14 \times \rho \times D^3 \times n$ 代入 $P_{\text{总}}$ 表达式, 则对于按常规设计的螺旋用于热解时所需要的加热功率为:

$$P_{\text{总}} = 2.36 \times \rho \times D^3 \times n, \text{ kW}。$$

将表 3 中所有 ΔQ 值求平均得到 930 kJ/kg, 此值可以作为稻壳热解设备设计计算的依据, 并且具有一定的代表性。

2.2.2 炭化结果分析 每组试验均以 5 kg 稻壳进行热解试验, 最终试验结果如表 4 所示。试验所得固体形态见图 5, 从图中可以清晰看到其仍然能够保持稻壳的完整形态, 这样的形态能够有效防止气体夹带炭化粉末。

对于 1 kg 稻壳来讲, 约含有 15% 的水合二氧化硅和 85%

表 4 连续炭化试验结果

试验条件	转速 (r/min)	反应时间 (min)	原料重量 (kg)	固体产物 (kg)	液体产物 (kg)	挥发分 (%)	灰分 (%)	固定碳 (%)
A	3.5	12.0	5	1.95	1.485	9.57	42.67	47.75
B	5.5	8.0	5	2.05	1.435	12.07	42.32	45.60
C	6.8	6.0	5	1.95	1.480	12.10	44.03	43.88
D	8.4	4.8	5	1.90	1.505	14.12	43.62	42.26
E	10.1	4.0	5	2.20	1.450	12.22	45.65	42.12



图5 固体产物的形态

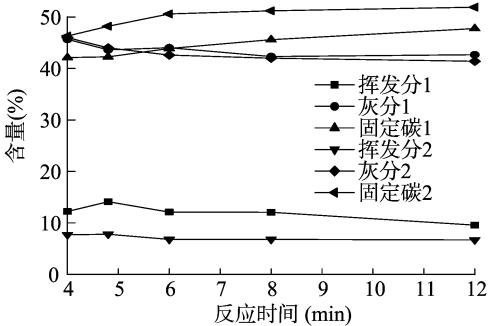


图6 热解产物随热解时间变化曲线

的有机质成分,经过干馏炭化以后所得固体炭约为 0.255 kg,焦油和木醋液为 0.34 kg,气体量为0.255 kg,也就是反应得到固体产物应该是二氧化硅与固体炭的综合,0.405 kg,液体量 0.34 kg。灰分的主要成分是二氧化硅,固体产物中的灰分值不低于 37.5%^[10]。表 5 显示,固体产物得率维持在 40%上下,液体 30%,变化很小,在固体产物中灰分平均为 42.8%,固定碳 45.64%,挥发分 11.56%。两者相比,基本吻合。所得固体产物的挥发分、灰分、固定碳含量随转速(反应时间)的变化如图 6 所示。

表 5 炭化产物含量的参考值与实测值对比 %

固体产物		液体产物		气体产物	
参考值	实测值	参考值	实测值	参考值	实测值
40.5	40	25.5	30	34	30

表 4 中几组试验的挥发分为 12%,相对较高,故而提高炭化温度,将第 2 段温度设定为 550 ℃,第 3 段为 650 ℃,转速分别为 3.5、5.5、6.8、8.4、10.1 r/min,即 I、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、V 5 组试验。

连续炭化试验结果见表 6,固体产物中灰分、挥发分、固定碳随热解时间的变化如图 6。从图 6 可以看出,通过提高温度能有效地减少产物中的挥发分含量,在高温条件下停留时间的长短在一定范围内对挥发分的减少作用不明显,但是固定碳含量能在一个较高的水平上,依此更倾向于高温条件的炭化。最理想的是灰分、挥发分较低,固定碳较高,从图 6 可以看出在 250-550-650 ℃、转速 6.8 r/min,即反应时间约 6 min(停留时间不含冷却段的时间,仅指有加热存在的时间)具有较好的炭化效果。

表 6 连续炭化试验结果

试验条件	转速 (r/min)	反应时间 (min)	原料重量 (kg)	固体产物 (kg)	液体产物 (kg)	挥发分 (%)	灰分 (%)	固定碳 (%)
I	3.5	12.0	5	2.00	1.470	6.7	41.4	51.9
Ⅱ	5.5	8.0	5	1.95	1.485	6.8	42	51.2
Ⅲ	6.8	6.0	5	1.90	1.505	6.8	42.6	50.6
Ⅳ	8.4	4.8	5	2.05	1.485	7.8	44	48.2
V	10.1	4.0	5	2.20	1.450	7.7	46	46.3

注:挥发分、灰分、固定碳的检测方法参照标准 GB/T 17664—1999 木炭和木炭试验方法;本试验未对气体进行定量收集。

3 结论

(1)对于常规设计的螺旋其质量流量与转速的关系是: $Q_m = 50.24 \times \rho \times (D^2 - d^2) \times n \times S \times \eta_v$,其填充率基本维持恒量,本设备填充率约 20%,输送生物质颗粒时其质量流量也可由下式估算: $Q_m = 9.14 \times \rho \times D^3 \times n$ 。

(2)热解过程除去水分干燥部分,整个过程所需要的热量输入为 930 kJ/kg,此数值可以作为其他生物质设计计算的依据。对于有轴螺旋形式的连续热解反应装置所需要的加热

功率为: $P_{总} = 12.96 \times \rho \times (D^2 - d^2) \times n \times S \times \eta_v$;按照常规设计的螺旋热解装置加热功率也可以按照下式进行估算: $P_{总} = 2.36 \times \rho \times D^3 \times n$ 。

(3)在一定范围内随着热解温度的升高,固体产物的挥发分会降低,而灰分值基本维持不变,造成固定碳含量略有上升。最佳的反应时间约 6 min,反应时间不能一味降低,过短的反应时间意味着较高转速,较大的设备尺寸,造成能量的严重损耗和材料的浪费。

陈辉辉, 金磊磊, 喻镇东, 等. 1 株侵染互花米草海洋真菌 *Buergenerula spartinae* YDC07 的分离鉴定[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(1): 342–346. doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.01.113

1 株侵染互花米草海洋真菌 *Buergenerula spartinae* YDC07 的分离鉴定

陈辉辉^{1,2}, 金磊磊¹, 喻镇东^{1,2}, 姜晓龙^{1,2}, 绍荣², 许伟², 陈集双¹

(1. 南京工业大学生物资源工程研究所, 江苏南京 210009; 2. 盐城工学院, 江苏盐城 224005)

摘要:对侵染中国江苏沿海滩涂盐碱地的互花米草茎和叶上真菌进行分离纯化, 得到 1 株与侵染互花米草海洋真菌形态极其相似的菌株 YDC07。对菌株 YDC07 进行培养性状观察和形态学鉴定, 发现该菌与中国新记录菌属互花米草比尔格纳菌十分相似; 通过 rRNA 基因 ITS 序列分子生物学鉴定, 发现该菌与比尔格纳菌属中互花米草比尔格纳菌相似度为 96%~99%, 在进化树中显示亲缘关系最近; 该真菌可以侵染互花米草秸秆, 使其生物量逐渐减少。菌株 YDC07 rRNA-ITS 序列相关信息提交 NCBI 数据库, 获得 GenBank 登录号为 KJ459363。菌株 YDC07 是在江苏沿海滩涂盐碱地互花米草上新发现的一种比尔格纳菌属海洋真菌。

关键词:互花米草; 海洋真菌; *Buergenerula spartinae*; rRNA-ITS; 进化分析

中图分类号: Q949.32 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)01-0342-05

互花米草 1979 年引入我国, 在减缓风暴潮压力、保护滩堤、促进围垦、消除近海污染等方面^[1]发挥着积极作用, 具有重要的生态价值, 但因其耐受力强和繁殖能力强等特性, 导致其与本土物种竞争、挤占贝类栖息地、改变滩涂景观、降低生物多样性等方面^[2]产生消极作用, 互花米草已成为我国沿海主要的入侵物种^[3]。Kohlmeyer 等研究资料显示, 目前已经报道来自互花米草的专性和兼性海洋真菌有 39 种^[4-5], 这些海洋真菌具有很强的分解木质纤维素和动植物尸体的能力^[6-8], 具有潜在的应用价值。不过, 对互花米草中海洋真菌的长期研究发现, 仍然有很多未知海洋真菌没有被发现。研究表明, rRNA-ITS 区在种内非常保守, 种间却有较大变异。通常情况下, 每种真菌的单倍体基因组 rRNA 拷贝数都会超

过 100 个, 可以很容易地从少量真菌组织中检测到 rRNA; ITS 区在真菌的种或变种之间虽然相似性很高, 但仍有足够的种间序列差异, 可以选择一些序列作为专化性引物^[9]。目前, rRNA-ITS 区分子检测是研究真菌菌种间同源性和遗传关系, 进行菌种鉴定的一种有效方法^[10-12]。

试验以江苏沿海滩涂盐碱地互花米草 (*Spartina alterniflora*) 植株的茎和叶为材料, 对其进行海洋性真菌的分离纯化, 并通过形态学观察及 rRNA-ITS 序列分析对菌株进行鉴定, 为海洋性真菌的合理开发利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试样采集

互花米草茎和叶, 于 2012 年 10 月 9 日采自江苏省大丰市大丰港沿海滩涂盐碱地。采集后的样品分成 2 份, 1 份直接用于真菌分离, 另 1 份于 4℃ 冰箱短期保存, 备用。

1.2 试剂与仪器

主要试剂有: 异丙醇、甲醇、氯仿、无水乙醇, 均为分析纯, 市购; 琼脂粉、十六烷基三甲基溴化铵 (CTAB)、十二烷基硫酸钠 (SDS) 等, 市购; 10 U/μL *Taq* DNA 聚合酶、脱氧核糖核苷酸 (dNTPs), 购自 TaKaRa 公司; DNA marker, Fermentas 公

2001; 734–743.

[6] 蒋恩臣, 苏旭林, 王明峰, 等. 生物质连续热解反应装置的变螺距螺旋输送机设计[J]. 农业机械学报, 2013(2): 121–124.

[7] 何芳, 徐梁, 柏雪源, 等. 生物质热解过程吸热量[J]. 太阳能学报, 2006, 27(3): 237–241.

[8] 张东海. 螺旋输送机的优化研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2006.

[9] 王金梅, 陈革新, 赵培庆, 等. 生物质连续炭化工艺研究[J]. 现代化工, 2009, 29(21): 300–302.

[10] 朱锡锋. 生物质热解原理与技术[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2006.

收稿日期: 2014-03-31

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 30971898)。

作者简介: 陈辉辉(1988—), 男, 江苏南京人, 硕士, 主要从事植物真菌及病毒研究。E-mail: huihui_chen2012@163.com。

通信作者: 陈集双, 博士, 教授, 主要从事植物真菌、病毒、植物反应器、秸秆资源化和产业化利用等研究。E-mail: biochenjs@njut.edu.cn。

参考文献:

[1] Basu P. Biomass gasification and pyrolysis: practical design and theory[M]. Oxford: Elsevier Inc, 2010.

[2] 石海波, 孙姣, 陈文义, 等. 生物质热解炭化反应设备研究进展[J]. 化工进展, 2012, 31(10): 2130–2136, 2166.

[3] 周德凤, 郝婕, 巴晓微, 等. 稻壳的开发利用[J]. 长春工业大学学报: 自然科学版, 2004, 25(1): 59–62.

[4] 杜建红, 孙丽娅, 张永康, 等. 三段式炭化装置及炭化工艺参数研究[J]. 机械设计与制造, 2010(12): 186–188.

[5] 王鹰. 连续输送机械设计手册[M]. 北京: 中国铁道出版社,