

F2000 全自动纤维分析仪测定木质粉碎废弃物中的纤维素、半纤维素和木质素含量

一、前言

木质粉碎废弃物（如树木枝干粉碎物、树皮等）作为生物质资源的重要组成部分，其纤维素、半纤维素和木质素的含量直接决定了其在能源化、材料化及高附加值利用中的潜力。通过全自动纤维分析仪精准测定这三类组分的比例，可为废弃物的定向转化与循环经济模式构建提供科学支撑。

本方案依据《GB/T 20806-2022 饲料中中性洗涤纤维的测定》、《GB/T 20805-2006 饲料中酸性洗涤木质素（ADL）的测定》和《NY/T 1459-2022 饲料中酸性洗涤纤维的测定》，使用 F2000 全自动纤维分析仪对木质粉碎废弃物中的纤维素、半纤维素和木质素进行测试，以促进木质粉碎废弃物从“环境负担”转化为“资源富矿”，推动可持续发展。

二、仪器与试剂

2.1、仪器

F2000 全自动纤维分析仪、马弗炉、高温烘箱、分析天平等。

2.2、试剂

丙酮、浓硫酸、乙二胺四乙酸二钠、磷酸氢二钠、四硼酸钠、十二烷基硫酸钠、二缩三乙二醇、盐酸、氢氧化钠、十六烷基三甲基溴化铵等。

2.3、样品

木质粉碎废弃物（1#、2#、3#）。

三、实验方案

3.1、中性洗涤纤维的测定（NDF）的测定

3.1.1、准备滤袋

用油性笔在滤袋上编号，然后在烘箱中于 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 下烘干 1 小时，冷却后称重，记为 m_1 。

3.1.2、称样

用称过重量的滤袋称取样品 1g（精确至 0.1mg）并记为 m ，称样体积以滤袋的一半为准。轻轻磕碰滤袋底部，使样品尽量集中在滤袋的底部。

设置封口机为 4 档，在距离滤袋开口沿 5mm 处封口。封口时应用力压实封口机，并在加热结束后继续按压 3 秒钟，然后小心取下滤袋。

3.1.3、脱脂

将滤袋转移至烧杯中，加入丙酮至浸没滤袋，小心搅拌 2 次并浸泡 5min，然后倒去丙酮。重复该过程 3 次，随后将滤袋在通风橱中风干 20min 挥干残余丙酮。

3.1.4、消煮

检查试剂余量（洗涤剂至少 2.5L，洗涤用水至少 10L），将样品摆放到滤袋架上并装入纤维分析仪中，选择中性洗涤纤维方法并运行（消煮时间 80 分钟，洗涤次数 4 次），仪器自动进行消煮和洗涤。

注：测试前按照 0.05g 热稳定 α -淀粉酶/每个滤袋和 0.5g 无水亚硫酸钠/每个滤袋加入相应的试剂。

3.1.5、脱脂

待消煮完毕的样品烘干后，重复 3.1.3 步骤，对样品进行脱脂。

3.1.6、恒重

将滤袋放入烘箱中，于 $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 下烘干 4h，冷却后称重，记为 m_2 。

3.1.7、计算

按照下公式计算 NDF 的含量：

$$X = \frac{(m_2 - m_1) - (m_{b2} - m_{b1})}{m} \times 100\%$$

m_2 ：恒重后滤袋和样品残渣的总重，g；

m_1 ：滤袋空重，g；

m_{b2} : 空白滤袋恒重后的总重, g;

m_{b1} : 空白滤袋空重, g;

m : 称样量, g;

X : 样品中的中性洗涤纤维含量, %。

3.2、酸性洗涤纤维 (ADF) 的测定

测试流程同 3.1, 洗涤剂更换为酸性洗涤剂, 计算公式同 3.1.7.

3.3、酸性洗涤木质素 (ADL) 的测定

3.3.1、硫酸消解

将测定完酸性洗涤纤维的滤袋放入烧杯中, 加入 12mol/L 的浓硫酸至浸没滤袋, 每 5min 搅拌、挤压一次, 保持在 20~25°C 下持续消解 3h。消解完成后, 用热水洗涤滤袋至洗涤液为中性, 可适当挤压滤袋以充分洗涤, 然后将滤袋放入烘箱, 于 105°C±5°C 下烘干 4h, 冷却后称重, 记录质量为 m_3 。

3.3.2、灰化

记录干燥洁净的坩埚空重为 m_n , 将滤袋放入坩埚, 并在马弗炉中于 525°C±25°C 灰化 3h, 取出坩埚, 冷却后称重, 记录质量为 m_k 。

3.3.3、计算

按照以下公式计算 ADL 的含量:

$$X = \frac{(m_3 - m_1 - (m_k - m_n)) - (m_{b3} - m_{b1} - (m_{bk} - m_{bn}))}{m} \times 100\%$$

m_3 : 恒重后滤袋和样品残渣的总重, g;

m_1 : 滤袋空重, g;

m_k : 灰化后坩埚和灰分的总重, g;

m_n : 坩埚空重, g;

m_{b3} : 空白滤袋恒重后的总重, g;

m_{b1} : 空白滤袋空重, g;

m_{bk} : 空白滤袋灰化后坩埚和灰分的总重, g;

m_{bn} : 空白滤袋的坩埚空重, g;

m : 称样量, g;

X : 样品中的酸性洗涤木质素含量, %。

3.4、半纤维素和纤维素的计算方式

(1) 半纤维素含量=中性洗涤纤维含量 (NDF) -酸性洗涤纤维含量 (ADF)

(2) 按照以下公式计算纤维素含量:

$$X = \frac{(m_{2-1} - m_3 - (m_{b2-1} - m_{b3}))}{m} \times 100\%$$

m_{2-1} : 酸洗恒重后滤袋和样品残渣的总重, g (对应 3.2) ;

m_3 : 硫酸消解恒重后滤袋和样品残渣的总重, g (对应 3.3) ;

m_{b2-1} : 酸洗空白滤袋恒重后的总重, g (对应 3.2) ;

m_{b3} : 硫酸消解空白滤袋恒重后的总重, g (对应 3.3) ;

m : 称样量, g (对应 3.2) ;

X : 样品中的纤维素含量, %。

四、实验结果

4.1、经分析测试, 3 类木质粉碎废弃物样品中的洗涤纤维含量结果如表一:

表一 样品中中性洗涤纤维 (NDF)、酸性洗涤纤维 (SDF) 和酸性洗涤木质素 (ADL) 的含量

样品	NDF/%	均值/%	精密度/%	SDF/%	均值/%	精密度/%	ADL/%	均值/%	精密度/%
1#	80.3	81.2	1.9	69.4	69.3	1.4	26.4	26.4	1.6
	81.7			69.8			26.5		
	81.8			68.8			26.1		

2#	87.5	88.1	1.2	76.9	76.0	2.8	29.5	29.5	5.2
	88.6			76.3			30.3		
	88.3			74.8			28.8		
3#	90.3	89.9	1.0	75.2	75.5	2.9	28.7	29.2	4.0
	89.9			74.5			28.8		
	89.4			76.7			30.0		

4.2、经分析测试，3类木质粉碎废弃物样品中的半纤维素、纤维素和木质素含量如表二：

表二 样品中的半纤维素、纤维素、木质素含量

样品	半纤维素/%	纤维素/%	木质素/%
1#	11.9	42.1	26.4
2#	12.2	45.8	29.5
3#	14.4	45.7	29.2

五、结论

实验结果表明，F2000 全自动纤维分析仪可用于木质粉碎废弃物中纤维素、半纤维素和木质素含量的测定，测试结果精密度均符合《GB/T 20806-2022 饲料中中性洗涤纤维的测定》、《GB/T 20805-2006 饲料中酸性洗涤木质素（ADL）的测定》和《NY/T 1459-2022 饲料中酸性洗涤纤维的测定》的技术要求。

六、参考标准

- [1] 《GB/T 20806-2022 饲料中中性洗涤纤维的测定》
- [2] 《GB/T 20805-2006 饲料中酸性洗涤木质素（ADL）的测定》
- [3] 《NY/T 1459-2022 饲料中酸性洗涤纤维的测定》