

高锦红. 湿地植物芦苇的热值和灰分含量[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(11): 475–477.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.11.136

# 湿地植物芦苇的热值和灰分含量

高锦红

(渭南师范学院化学与生命科学学院/渭南师范学院药物中间体协同创新中心, 陕西渭南 714000)

**摘要:**利用氧弹式量热计对不同湿地芦苇的热值和灰分含量进行测定。结果表明:芦苇全株干质量热值在 22.24~29.45 kJ/g 之间,去灰分热值在 23.35~31.02 kJ/g 之间,灰分含量在 5.75%~8.12% 之间;对芦苇全株热值进行比较,样本去灰分热值均大于其干质量热值;植物芦苇的根、茎、叶和穗等器官间的热值大小规律性不显著。这说明湿地植物的热值和灰分含量与湿地地理位置、环境和气候等因素有关。

**关键词:**热值;灰分含量;湿地;芦苇;环境因子

**中图分类号:** Q947.5; S564<sup>+</sup>.201 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)11-0475-03

热值是评价和反映生态系统中物质循环和能量转化规律的重要指标,随着生态系统功能过程研究的深入,热值测定日益引起了人们的重视<sup>[1]</sup>。自 Long 于 20 世纪 30 年代比较系统地开展植物热值研究以来,不少学者对此展开了大量研究<sup>[2]</sup>。国外对植物热值的研究始于 20 世纪 60 年代,主要是对植物热值的测定方法进行了研究;80 年代后从植物热值的动态变化研究逐渐延伸到能量动态和能量固定等方面。国内对植物热值的研究始于 1978 年,到目前为止主要是有关草原、森林、高寒草地等植物热值的研究<sup>[3-6]</sup>。热值不仅可以作为植物生长的有效指标,还是能量生态学研究的基础之一,对生理、栽培、育种、土壤、生态等研究有重要意义<sup>[7]</sup>。

收稿日期:2015-10-10

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金(编号:21503150);陕西省教育厅项目(编号:15JK1239);渭南师范学院秦东湿地保护与管理研究项目(编号:14TSXK05);渭南师范学院特色学科项目(编号:14TSXK04)。

作者简介:高锦红(1974—),女,副教授,主要从事化学计量学工作。

E-mail: gjh97@163.com.

湿地植物热值也是湿地生态系统中能量转化评价的重要指标。湿地植物芦苇的热值能反映芦苇组织各种生命活动的变化和芦苇生长状况的差异,热值的变化在一定程度上可以反映出各种环境因子对芦苇生长的影响。目前,国内有关湿地植物芦苇的研究只涉及养分吸收、N 和 P 积累动态和重金属元素含量方面<sup>[8-10]</sup>,而有关湿地植物热值方面的工作较少,本试验以湖南茶陵、渭南合阳、渭南大荔、渭河渭南城区段、渭南沈河水库等 5 个地区的植物芦苇作为分析样本。利用氧弹式量热计对芦苇各器官热值及灰分含量进行测定分析,为湿地生态系统的能流研究提供基础数据,这对湿地植物芦苇的研究和保护利用具有一定的参考价值。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

湿地芦苇采样区除了湖南 1 个采样点外,其他采样点均为陕西渭南湿地,渭南隶属于陕西省,地理坐标为位于 108°50′~110°38′E, 34°13′~35°52′N 之间,地处陕西关中渭河平原东部,是陕西省的“东大门”,总面积约 13 134 km<sup>2</sup>。

[7] 唐勇, 陆玲. 解磷微生物及其应用的研究进展[J]. 天津农业科学, 2001, 7(2): 1-5.

[8] 朱向东, 王宏庭. 土壤钾素管理研究进展[J]. 山西农业科学, 2013, 41(11): 1274-1281.

[9] 麻瑞阳, 张爱民, 惠小双, 等. 高效解磷解钾菌 NX-11 菌株的分离筛选, 鉴定及最佳培养条件的确定[J]. 华北农学报, 2013, 28(2): 202-208.

[10] Sugumaran P, Janarthanam B. Solubilization of potassium containing minerals by bacteria and their effect on plant growth[J]. World journal of agricultural sciences, 2007, 3(3): 350-355.

[11] Calvaruso C, Turpault M-P, Frey-Pettker P. Root-associated bacteria contribute to mineral weathering and to mineral nutrition in trees: a budgeting analysis[J]. Applied and Environmental Microbiology, 2006, 72(2): 1258-1266.

[12] 冯雅丽, 王宏杰, 李浩然, 等. 一株产絮凝剂硅酸盐细菌的筛选及其絮凝特性[J]. 中南大学学报: 自然科学版, 2008, 39(5): 934-939.

[13] 何齐庄, 金迪, 彭清静. 一株钾长石分解菌的分离、鉴定及系统发育[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(1): 23-25.

[14] 党雯, 邵春花, 张强, 等. 解钾菌的研究进展及其在农业生产中的应用[J]. 山西农业科学, 2014, 42(8): 921-924.

[15] 王雪, 袁晓凡, 赵兵, 等. 胶质芽孢杆菌培养条件及发酵工艺的研究进展[J]. 过程工程学报, 2010, 10(2): 409-416.

[16] Friedrich S, Platonova N, Karavaiko G, et al. Chemical and microbiological solubilization of silicates[J]. Acta biotechnologica, 1991, 11(3): 187-196.

[17] 李海龙, 谷洁, 张宏斌, 等. 秦岭山区硅酸盐细菌的分离、筛选以及初步鉴定[J]. 西北农业学报, 2011, 20(4): 194-199.

[18] 袁文功, 季秀玲, 邓伟, 等. 一株硅酸盐细菌的分离及解钾活性研究[J]. 中国微生态杂志, 2012, 24(3): 38-41.

[19] 秦文旺, 牧耀贵, 吕利华, 等. 一株解钾高活性胶质芽孢杆菌的筛选与育种[J]. 山西农业科学, 2015, 43(4): 434-439.

[20] 麻瑞阳. 高效解磷解钾菌株 NX-11 的分离筛选鉴定及作用效果分析[D]. 保定: 河北农业大学, 2013.

年平均气温 13.6 ℃,气候条件为暖温带半湿润气候,年平均降水量 570 mm,年日照时数 2 200~2 500 h。

1.2 样品采集

本试验所分析植物芦苇样本采集地点为湖南茶陵、渭南大荔、渭南合阳、渭河渭南城区段和渭南沈河水库。所有芦苇样本于 2014 年 10 月采样,采样时间为当月 15—25 日。本研究采样点除了湖南茶陵外,其他采样点都在陕西渭南境内,所选地点都适合芦苇植物生长,在研究区内选取长势和高度大体一致的芦苇植物群落,每个采样点在一定的范围内都具有代表性。

1.3 样品测定

试验所用全部样本都在野外实测各部分鲜质量,带回实验室测定各样品干质量后进行试验测定。所有样品采集后经 80 ℃ 烘干至恒质量,磨粉处理后过筛贮存备用;用热量计测定其热值含量,仪器采用南京桑力电子设备厂生产的 SHR-15B 型电脑氧弹式热量计。植物样品的热值以干质量热值(1 g 干物质在完全燃烧条件下所释放的总热量,即 GCV)和去灰分热值(AFCV)来表示。测定环境温度为 21 ℃ 左右;每个样本 2~3 次重复,每次试验前用苯甲酸标定。用干灰化法测定灰分含量,将样品在马福炉 550 ℃ 下灰化 5 h 后测定其灰分含量,之后用以计算样品的去灰分热值,同样取 3 次测定结果的平均值。去灰分热值计算方法为:去灰分热值=干质量热值/(1-灰分含量)<sup>[11]</sup>。

2 结果与分析

2.1 芦苇的热值及灰分含量

通过样本处理、测定、收集数据信息和数据计算处理等试验内容后,将不同湿地芦苇各器官的干质量热值 GCV、灰分含量 ASH 及去灰分热值 AFCV 测定结果列于表 1。其中,GCV 均值为根、茎、叶和穗 4 个部分的数值按各部分干质量热值加权计算,芦苇全株的 AFCV 均值和 ASH 均值也按各器官相应的去灰分热值和灰分含量加权计算。

2.2 芦苇各器官的热值和灰分含量对比分析

根据表 1 可知,将样本各器官 AFCV 间的关系(图 1)、样本 GCV 与 AFCV 之间的关系(图 2)及不同器官 ASH 之间的关系(图 3)通过统计图进行对比分析。

热值有干质量热值和去灰分热值,由于去灰分热值能更准确地反映单位干物质所含能量,因此植物的去灰分热值更具可比性。同一植物各器官的热值也不同,从图 1 可看出,各湿地芦苇不同器官的去灰分热值中,湖南和合阳样本中根的去灰分热值较高;湖南和渭南大荔样本中器官茎的去灰分热值最高,渭南合阳和渭南沈河样本中器官茎的去灰分热值次之,而渭河样本中经的去灰分热值最小;而沈河样本中器官穗的去灰分热值最小。5 个湿地芦苇样本的根、茎、叶和穗的去灰分热值之间没有显著的大小排序规律,说明同株芦苇不同部位热值差异是由植物本身性质决定的,也与芦苇的生理特点及环境因素有关。

为了更加客观、全面地反映植物含能状况,分析湿地植物芦苇的热值,本试验将每个样本的 GCV 与 AFCV 均值结合起来分析。由图 2 看出,从全株植物的平均热值角度分析,各样本的去灰分热值均大于干质量热值。芦苇不同的生长环境和

表 1 芦苇不同器官的热值和灰分含量

区域	植物器官	GCV (kJ/g)	AFCV (kJ/g)	ASH (%)
湖南茶陵	根	42.55	44.48	4.34
	茎	35.27	35.93	1.85
	叶	19.50	21.30	8.47
	穗	20.48	22.35	8.35
	平均	29.45	31.02	5.75
渭南合阳	根	38.70	41.83	7.47
	茎	30.84	31.56	2.29
	叶	23.49	26.78	12.28
	穗	19.56	21.84	10.44
	平均	28.15	30.50	8.12
渭南大荔	根	24.48	25.52	4.09
	茎	34.69	36.49	4.93
	叶	17.74	20.63	13.99
	穗	20.37	21.67	6.00
	平均	24.32	26.08	7.25
渭河临渭	根	18.21	18.75	2.87
	茎	23.38	24.53	4.68
	叶	26.65	28.97	8.02
	穗	22.06	23.94	7.87
	平均	22.58	24.05	5.86
渭南沈河	根	27.14	28.17	3.65
	茎	32.72	33.43	2.11
	叶	22.31	24.16	7.64
	穗	6.78	7.62	10.96
	平均	22.24	23.35	6.09

气候因素,在其生长过程中所具有的热值也有所差异,本研究 5 个湿地中湖南芦苇全株的 GCV、AFCV 均值分别为 29.45、31.02 kJ/g,在所有样本中热值最高,说明这与南方气候及环境因素有关;渭南合阳芦苇全株的 GCV、AFCV 均值分别为 28.15、30.5 kJ/g;而渭南沈河芦苇全株的 GCV、AFCV 均值分别为 22.24、23.35 kJ/g,热值最小,这说明热值与芦苇种类及遗传特性、气候条件以及芦苇所在湿地营养成分有关,因为植物种类及生长环境都影响着植物的热值。

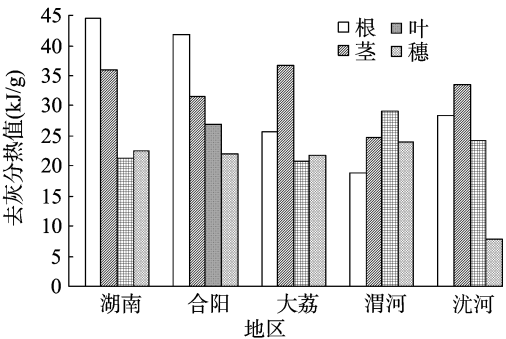


图1 不同器官去灰分热值比较

灰分是植物体内含矿物元素氧化物的总和,其含量高低可反映植物富集元素的作用大小。本研究测定结果显示,各样本间的 ASH 在 5.75%~8.12% 之间,平均为 6.61%。从图 3 可看出,不同湿地芦苇样本基本都是茎和根的灰分含量少,器官叶中除沈河样本外,其他 4 个地方芦苇中叶的灰分含量最高,而各样本中穗的灰分含量与叶的含量相比,穗的灰分

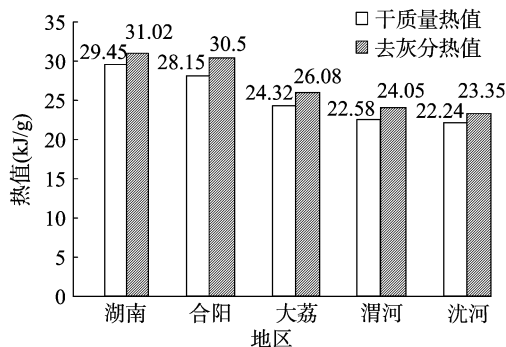


图2 芦苇全株热值比较

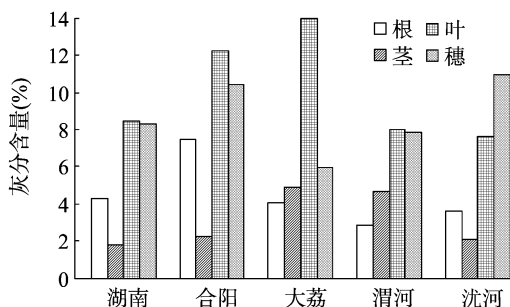


图3 不同器官灰分含量对比

含量较少。文献[12]中指出在相同的灰化条件下,从植物解剖学和植物生理学的角度看,叶是植物生理活动最活跃的器官,含较多的高能化合物,且它自身还能合成高能有机物,因此叶的热值一般较高,本研究结果与文献结论相近。

### 2.3 芦苇不同器官 GCV 和 ASH 的相关性

湿地植物芦苇的干质量热值(GCV)和灰分含量(ASH)之间有较显著的线性关系(图4),二者的相关方程为  $y = -0.7803x + 31.976$ ,复相关系数  $r^2 = 0.6374$ ,方程中的  $x$  为芦苇各器官的灰分含量,单位为%,方程中  $y$  为芦苇各器官的干质量热值,单位为 kJ/g。从图4可以看出,植物芦苇各器官 GCV 相对较低的主要原因是芦苇的高灰分含量所导致,从本次试验测定结果可看出,对于湿地优势植物芦苇来说,ASH 越高,其 GCV 就越低。

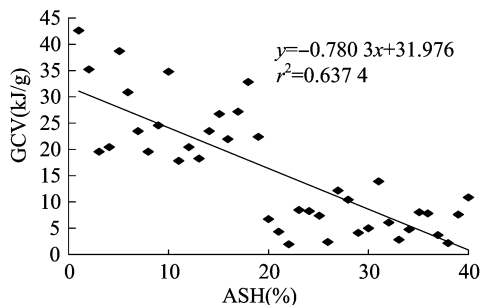


图4 各器官 GCV 与 ASH 之间相关性

## 3 结论

本试验通过对湿地植物芦苇各器官的热值和灰分含量分析,从试验测定结果可知,不同芦苇样本的热值含量高低不

同,芦苇全株的干质量热值在 22.24 ~ 29.45 kJ/g 之间,去灰分热值在 23.35 ~ 31.02 kJ/g 之间,灰分含量在 5.75% ~ 8.12% 之间;从芦苇全株热值来看,各样本的去灰分热值均大于其干质量热值;不同湿地芦苇样本的根、茎、叶和穗等器官之间的热值大小规律性不显著,热值和灰分含量随芦苇所在地理位置不同有所差异,说明芦苇的热值和灰分含量与湿地环境、地理位置、气候等因素有关。

本次测定结果显示,湖南、渭南合阳、渭南大荔、渭河渭南城区段、渭南沈河 5 个不同湿地芦苇全株的 GCV 均值分别为 29.45、28.15、24.32、22.58、22.24 kJ/g, AFCV 均值分别为 31.02、30.50、26.08、24.05、23.35 kJ/g, ASH 均值分别为 5.75%、8.12%、7.25%、5.86%、6.09%。结果表明,湖南芦苇去灰分热值最高,渭河渭南城市段均值最小,这种差异反映了其地带性植被特点和区域生态环境特征,热值的差异是植物本身遗传性和生理生态特性和当地气候条件共同作用的结果。

测定结果表明不同区域芦苇各器官之间的热值没有明显的规律,各器官的热值差异较大,这可能与不同植物自身组成、结构和功能有关外,还与光照度、日照长短、土壤类型及营养条件等各方面环境因素有关。

### 参考文献:

- [1] 官丽莉,周小勇,罗艳. 我国植物热值研究综述[J]. 生态学杂志,2005,24(4):452-457.
- [2] 何介南,康文星,王东. 不同年龄阶段杉木人工林植物热值分析[J]. 生态学报,2015,35(2):449-459.
- [3] 高凯,谢中兵,徐苏铁,等. 内蒙古锡林河流域羊草草原 15 种植物热值特征[J]. 生态学报,2012,32(2):588-594.
- [4] 谭忠奇,林益明,向平,等. 5 种榕属植物不同发育阶段叶片的热值与灰分含量动态[J]. 浙江林学院学报,2003,20(3):264-267.
- [5] 叶功富,高伟,陈增鸿,等. 滨海沙地主要优势树种凋落物热值与养分特征[J]. 东北林业大学学报,2014,42(8):57-60.
- [6] 罗艳,唐才富,董旭. 青海省主要造林树种的热值和灰分含量特征[J]. 中南林业调查规划,2015,34(1):42-47.
- [7] 郭继勋,王若丹,包国章. 东北羊草草原主要植物热值[J]. 植物生态学报,2001,25(6):746-750.
- [8] 张熙灵,王立新,刘华民,等. 芦苇、香蒲和蘆草 3 种挺水植物的养分吸收动力学[J]. 生态学报,2014,34(9):2238-2245.
- [9] 熊霞,孙庆业. 芦苇和香蒲地上部及适宜收获时期分析[J]. 植物资源与环境学报,2014,23(1):71-77.
- [10] 赵善道,赵雪琴,左平,等. 湿地植物芦苇 (*Phragmites australis*) 的重金属富集能力与评价[J]. 海洋环境科学,2014,33(1):60-65.
- [11] 何晓,包维楷,辜彬,等. 中国高等植物干质量热值特点[J]. 生态环境,2007,16(3):73-981.
- [12] 刘长娥,宋祥甫,付子斌,等. 8 种湿地植物不同苗龄植株的表型特征及相关性分析[J]. 植物资源与环境学报,2014,23(1):93-98.