

## 陕西省 4 个湿地芦苇生长旺盛期不同器官热值和灰分含量的比较

高锦红<sup>①</sup>, 李俊燕, 王秋亚, 马咏梅

(渭南师范学院化学与材料学院, 陕西 渭南 714099)

**Comparison on calorific value and ash content in different organs of *Phragmites australis* from four wetlands in Shaanxi Province during vigorous growth period** GAO Jinhong<sup>①</sup>, LI Junyan, WANG Qiuya, MA Yongmei (College of Chemistry and Materials, Weinan Normal University, Weinan 714099, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2021, 30(5): 72-74

**Abstract:** Taking *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. from wetlands in Heyang County and Fuping County of Weinan City, Nanzheng District of Hanzhong City, and Weibin District of Baoji City of Shaanxi Province as research objects, calorific value (including gross calorific value and ash free calorific value) and ash content in root, stem, leaf, and leaf sheath of *P. australis* during vigorous growth period (from Jun. to Aug.) were compared. Regarding the averages of three indexes of different organs of *P. australis* from each wetland during the experimental period, gross calorific value and ash free calorific value in each organ of *P. australis* from the four test wetlands are the highest in leaf and the lowest in leaf sheath, while ash content is the highest in leaf sheath and the lowest in stem or root. It is suggested that ash has some effect on calorific value of different organs of *P. australis* from the four test wetlands, after removing ash, the calorific value of each organ of *P. australis* increases in different degrees.

**关键词:** 芦苇; 湿地; 热值; 灰分含量; 能量转化

**Key words:** *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.; wetland; calorific value; ash content; energy conversion

中图分类号: Q947.5; S564<sup>+</sup>.2 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2021)05-0072-03

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2021.05.09

植物热值既是评价能量与生物量转换的重要参数,也是评价植物生长状况和营养状况的有效指标,在生态系统能量研究中占有重要地位<sup>[1-2]</sup>。灰分能够反映植物对矿质元素的吸收和积累状况,其含量差异是造成植物热值差异的主要原因<sup>[3]</sup>。湿地植物热值是评价湿地生态系统能量转化的重要指标,近年来,关于湿地植物种群热值及其能量生产动态研究已成为湿地生态学研究热点<sup>[4-5]</sup>。

芦苇(*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.)为多年生高大乔草植物,繁殖和适应能力强<sup>[6]</sup>,适宜生长在温带和热带的低海拔湿地或浅水区<sup>[7]</sup>。研究湿地芦苇的热值变化对于明确芦苇的生理活动变化和生长状况差异以及环境因子对芦苇生长的影响具有重要价值,对湿地植物生理和生态研究具有重要意义。鉴于此,本研究以陕西省渭南市合阳县和富平县、汉中市南郊区和宝鸡市渭滨区(分别简称合阳、富平、汉中和宝鸡)湿地的芦苇为研究对象,对 6 月至 8 月芦苇根、茎、叶和叶鞘的热值、灰分含量和去灰分热值进行了比较,以期对湿

地芦苇的能量转化和生态系统能量研究提供参考数据。

### 1 研究地概况和研究方法

#### 1.1 研究地概况

供试的 4 个湿地分别位于陕西省渭南市的合阳县和富平县、汉中市南郊区和宝鸡市渭滨区,各湿地的自然概况见表 1。湿地内的芦苇主要分布在地和水体边缘。

#### 1.2 方法

1.2.1 样品采集 于 2019 年 6 月至 8 月(即芦苇生长旺盛期),在每个湿地中各选择 3 个芦苇高度相近的采样点;采用蛇形取样法在每个采样点内采集 5~8 株芦苇全株;去除植株上的枯萎部分,用蒸馏水冲洗干净;将植株分成根、茎、叶和叶鞘 4 个部分,将同一采样点相同器官样品混匀,自然风干;于 80 ℃烘干至恒质量,自然冷却后磨成粉,过 200 目筛,放入塑封袋中置于干燥阴凉处保存、备用。

收稿日期: 2021-03-05

基金项目: 陕西省教育厅自然科学专项研究项目(19JS030); 陕西省军民融合项目(18JMR06); 渭南师范学院科研项目(2021HXXM007; 2021HXXM010); 渭南师范学院自然科学研究项目(18YKS06)

作者简介: 高锦红(1974—),女,藏族,青海西宁人,硕士,副教授,主要从事物理化学及药物分析化学计量学方面的研究。

<sup>①</sup>通信作者 E-mail: gjh97@163.com

引用格式: 高锦红,李俊燕,王秋亚,等. 陕西省 4 个湿地芦苇生长旺盛期不同器官热值和灰分含量的比较[J]. 植物资源与环境学报, 2021, 30(5): 72-74.

表 1 陕西省 4 个湿地的自然概况  
Table 1 Natural conditions of four wetlands in Shaanxi Province

湿地 <sup>1)</sup> Wetland <sup>1)</sup>	经度 Longitude	纬度 Latitude	年均温/℃ Annual mean temperature	年日照时数/h Annual sunshine hours	年均降水量/mm Annual mean precipitation
HY	E110°06'	N35°15'	11.5	1 472	550.0
FP	E109°18'	N34°42'	14.0	1 338	553.2
HZ	E107°02'	N33°08'	14.5	1 433	800.0
BJ	E107°14'	N33°26'	13.0	1 399	626.8

<sup>1)</sup> HY: 渭南市合阳县 Heyang County of Weinan City; FP: 渭南市富平县 Fuping County of Weinan City; HZ: 汉中市南郑区 Nanzheng District of Hanzhong City; BJ: 宝鸡市渭滨区 Weibin District of Baoji City.

1.2.2 指标测定 参照相关文献<sup>[8]</sup>, 使用 WGR-1 型氧弹式量热计(南京桑力设备厂)测定不同器官样品的干质量热值。采用干灰化法<sup>[9]</sup>并略加改进测定不同器官样品的灰分含量。每个样品各指标重复测定 3 次。根据公式“去灰分热值=干质量热值/(1-灰分含量)”计算不同器官样品的去灰分热值。

1.3 数据处理及分析

使用 EXCEL 2007 软件进行数据统计, 使用 SPSS 17.0 软件进行 Duncan's 多重比较。

2 结果和分析

不同月份分析结果(表 2)表明: 合阳和汉中湿地芦苇的

根干质量热值和根去灰分热值均在 7 月最高, 根灰分含量在 7 月最低; 实验期间, 富平湿地芦苇的根干质量热值和根去灰分热值逐渐下降, 根灰分含量持续上升; 宝鸡湿地芦苇的根干质量热值逐渐上升, 根灰分含量逐渐下降, 根去灰分热值在 7 月最高。合阳、富平和汉中湿地芦苇的茎干质量热值和茎去灰分热值逐渐下降, 3 个湿地芦苇的茎灰分含量总体上逐渐上升, 而宝鸡湿地芦苇茎的这 3 个指标在不同月份间变化不显著。合阳、汉中和宝鸡湿地芦苇的叶干质量热值和叶去灰分热值逐渐上升, 富平湿地芦苇叶的这 2 个指标在不同月份间变化不显著; 合阳湿地芦苇的叶灰分含量变化不显著, 富平、汉中和宝鸡湿地芦苇的叶灰分含量均逐渐下降。合阳、富平和汉中湿地芦苇的叶鞘干质量热值和叶鞘去灰分热值逐渐上升, 宝鸡湿地芦苇叶鞘的这 2 个指标变化不显著; 4 个湿地芦苇的叶鞘灰分含量均逐渐下降。

不同湿地分析结果(表 2)表明: 6 月, 汉中湿地芦苇的根干质量热值和根去灰分热值显著低于其余湿地; 7 月, 汉中湿地芦苇的根干质量热值显著低于其余湿地, 根去灰分热值在 4 个湿地中最低; 8 月, 合阳湿地芦苇的根干质量热值和根去灰分热值显著低于其余湿地。实验期间, 富平湿地芦苇的根灰分含量均显著低于其余湿地, 而宝鸡湿地芦苇的根灰分含量显著高于其余湿地。实验期间, 富平湿地芦苇的茎干质量热值和茎去灰分热值基本上显著低于其余湿地, 而茎灰分含量显著高于其余湿地。6 月, 富平湿地芦苇的叶干质量热值

表 2 陕西省 4 个湿地芦苇生长旺盛期不同器官干质量热值、灰分含量和去灰分热值的比较 ( $\bar{X} \pm SE$ )<sup>1)</sup>  
Table 2 Comparison on gross calorific value, ash content, and ash free calorific value of different organs of *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. from four wetlands in Shaanxi Province during vigorous growth period ( $\bar{X} \pm SE$ )<sup>1)</sup>

湿地 <sup>2)</sup> Wetland <sup>2)</sup>	根干质量热值/(kJ·g <sup>-1</sup> ) Gross calorific value of root			茎干质量热值/(kJ·g <sup>-1</sup> ) Gross calorific value of stem			叶干质量热值/(kJ·g <sup>-1</sup> ) Gross calorific value of leaf			叶鞘干质量热值/(kJ·g <sup>-1</sup> ) Gross calorific value of leaf sheath		
	6 月 Jun.	7 月 Jul.	8 月 Aug.	6 月 Jun.	7 月 Jul.	8 月 Aug.	6 月 Jun.	7 月 Jul.	8 月 Aug.	6 月 Jun.	7 月 Jul.	8 月 Aug.
HY	18.0±0.2Bb	18.7±0.2Aa	15.5±0.2Cd	18.7±0.3Aa	17.8±0.2Ba	15.3±0.2Cc	17.5±0.2Bb	18.4±0.2Ab	18.8±0.1Ab	14.6±0.4Cc	15.4±0.2Bb	16.6±0.3Ab
FP	19.2±0.3Aa	18.9±0.2Aa	17.4±0.2Bc	16.0±0.1Ac	15.7±0.4Bb	14.8±0.4Cc	18.5±0.5Aa	18.9±0.2Ab	18.7±0.3Ab	11.2±0.3Bd	11.9±0.1Bc	15.5±0.2Ac
HZ	16.3±0.3Bc	18.2±0.3Ab	18.0±0.1Ab	18.7±0.3Aa	17.7±0.5Ba	17.2±0.2Bb	18.1±0.3Ba	18.4±0.3Bb	19.8±0.5Aa	16.5±0.1Ba	17.4±0.0Aa	17.9±0.2Aa
BJ	18.0±0.2Bb	18.8±0.1Aa	19.2±0.0Aa	18.0±0.0Ab	17.5±0.2Aa	17.8±0.3Aa	17.3±0.3Bb	19.4±0.3Aa	19.7±0.4Aa	15.3±0.3Ab	15.4±0.3Ab	15.5±0.3Ac

  

湿地 <sup>2)</sup> Wetland <sup>2)</sup>	根灰分含量/% Ash content in root			茎灰分含量/% Ash content in stem			叶灰分含量/% Ash content in leaf			叶鞘灰分含量/% Ash content in leaf sheath		
	6 月 Jun.	7 月 Jul.	8 月 Aug.	6 月 Jun.	7 月 Jul.	8 月 Aug.	6 月 Jun.	7 月 Jul.	8 月 Aug.	6 月 Jun.	7 月 Jul.	8 月 Aug.
HY	4.5±0.2Bc	4.2±0.3Bb	5.6±0.2Ab	3.4±0.2Cb	3.9±0.3Bb	4.9±0.2Ab	8.8±0.2Ab	8.5±0.2Aa	8.5±0.2Aa	10.1±0.2Ab	9.6±0.2Bb	9.3±0.3Bb
FP	3.3±0.2Bd	3.5±0.2Bc	4.0±0.1Ac	6.1±0.3Ba	6.0±0.2Ba	7.5±0.2Aa	8.2±0.3Ac	6.4±0.1Bc	6.1±0.3Bc	9.7±0.1Ab	7.9±0.3Bc	7.4±0.1Bc
HZ	6.0±0.2Ab	4.6±0.2Cb	5.2±0.1Bb	3.1±0.2Bb	3.4±0.2Bc	4.1±0.2Ac	6.1±0.2Ad	4.8±0.4Bd	3.9±0.3Cd	7.1±0.2Ac	6.5±0.3Bd	6.1±0.2Bd
BJ	7.9±0.4Aa	7.6±0.2Aa	6.2±0.1Ba	3.1±0.2Ab	3.3±0.2Ac	3.2±0.1Ad	10.8±0.2Aa	7.1±0.3Bb	7.0±0.4Bb	12.3±0.3Aa	11.6±0.3Ba	11.2±0.6Ba

  

湿地 <sup>2)</sup> Wetland <sup>2)</sup>	根去灰分热值/(kJ·g <sup>-1</sup> ) Ash free calorific value of root			茎去灰分热值/(kJ·g <sup>-1</sup> ) Ash free calorific value of stem			叶去灰分热值/(kJ·g <sup>-1</sup> ) Ash free calorific value of leaf			叶鞘去灰分热值/(kJ·g <sup>-1</sup> ) Ash free calorific value of leaf sheath		
	6 月 Jun.	7 月 Jul.	8 月 Aug.	6 月 Jun.	7 月 Jul.	8 月 Aug.	6 月 Jun.	7 月 Jul.	8 月 Aug.	6 月 Jun.	7 月 Jul.	8 月 Aug.
HY	18.8±0.2Bb	19.5±0.2Ab	16.5±0.3Cd	19.3±0.3Aa	18.5±0.3Ba	16.1±0.3Cb	19.2±0.3Bb	20.2±0.2Ab	20.5±0.1Ab	16.2±0.5Cb	17.1±0.2Bb	18.3±0.4Ab
FP	19.8±0.4Aa	19.6±0.2Ab	18.1±0.2Bc	17.1±0.1Ac	16.7±0.3Ab	16.0±0.5Bb	20.2±0.5Aa	20.1±0.2Ab	19.9±0.3Ac	12.3±0.3Cc	12.9±0.1Bc	16.8±0.2Ad
HZ	17.6±0.3Bc	19.1±0.3Ab	19.0±0.1Ab	19.3±0.3Aa	18.3±0.6Ba	17.9±0.2Ba	19.2±0.2Bb	19.3±0.3Bc	20.6±0.5Ab	17.8±0.1Ca	18.6±0.0Ba	19.1±0.3Aa
BJ	19.5±0.3Ba	20.4±0.1Aa	20.2±0.1Aa	18.6±0.0Ab	18.1±0.2Aa	18.3±0.3Aa	19.4±0.3Bb	20.9±0.4Aa	21.2±0.5Aa	17.4±0.3Aa	17.4±0.2Ab	17.5±0.4Ac

<sup>1)</sup> 同行中不同大写字母表示各指标在同一湿地相同器官不同月份间差异显著 ( $P < 0.05$ ) Different uppercases in the same row indicate the significant ( $P < 0.05$ ) difference in each index of the same organ from the same wetland among different months; 同列中不同小写字母表示各指标在同一月份相同器官不同湿地间差异显著 Different lowercases in the same column indicate the significant difference in each index of the same organ among different wetlands in the same month.

<sup>2)</sup> HY: 渭南市合阳县 Heyang County of Weinan City; FP: 渭南市富平县 Fuping County of Weinan City; HZ: 汉中市南郑区 Nanzheng District of Hanzhong City; BJ: 宝鸡市渭滨区 Weibin District of Baoji City.

和叶去灰分热值均最高;7月,宝鸡湿地芦苇的叶干质量热值和叶去灰分热值均显著高于其余湿地;8月,汉中和宝鸡湿地芦苇的叶干质量热值显著高于合阳和富平,宝鸡湿地芦苇的叶去灰分热值显著高于其余湿地。实验期间,汉中湿地芦苇的叶灰分含量显著低于其余湿地。实验期间,汉中湿地芦苇的叶鞘干质量热值和叶鞘去灰分热值基本上显著高于其余湿地,而富平湿地芦苇的叶鞘干质量热值和叶鞘去灰分热值基本上显著低于其余湿地;宝鸡湿地芦苇的叶鞘灰分含量显著高于其余湿地,而汉中湿地芦苇的叶鞘灰分含量显著低于其余湿地。

不同器官分析结果(表2)表明:6月,合阳、富平和宝鸡湿地芦苇的叶鞘干质量热值和叶鞘去灰分热值均低于相应湿地芦苇的根、茎和叶,而汉中湿地芦苇的叶鞘干质量热值和叶鞘去灰分热值低于茎和叶,但略高于根;4个湿地芦苇的叶鞘灰分含量却高于其余器官。7月,合阳、富平和宝鸡湿地芦苇的叶鞘干质量热值和叶鞘去灰分热值以及汉中湿地芦苇的叶鞘干质量热值均低于其余器官,而汉中湿地芦苇的叶鞘去灰分热值低于根和叶,但略高于茎;4个湿地芦苇的叶鞘灰分含量在各器官中均最高。8月,4个湿地芦苇的叶干质量热值和叶去灰分热值在各器官中最高,合阳、汉中和宝鸡湿地芦苇的叶鞘灰分含量在各器官中最高,富平湿地芦苇的茎灰分含量在各器官中最高。

从实验期间4个湿地芦苇不同器官干质量热值的平均值看,合阳、富平、汉中和宝鸡湿地芦苇的叶干质量热值最高,分别为18.2、18.7、18.8和18.8  $\text{kJ} \cdot \text{g}^{-1}$ ;4个湿地芦苇的叶鞘干质量热值最低,分别为15.5、12.9、17.3和15.4  $\text{kJ} \cdot \text{g}^{-1}$ 。从实验期间4个湿地芦苇不同器官灰分含量的平均值看,合阳、富平、汉中和宝鸡湿地芦苇的叶鞘灰分含量最高,分别为9.7%、8.3%、6.6%和11.7%;合阳、汉中和宝鸡湿地芦苇的茎灰分含量最低(分别为4.1%、3.5%和3.2%),富平湿地芦苇的根灰分含量最低(3.6%)。从实验期间4个湿地芦苇不同器官去灰分热值的平均值看,合阳、富平、汉中和宝鸡湿地芦苇的叶去灰分热值最高,分别为20.0、20.1、19.7和20.5  $\text{kJ} \cdot \text{g}^{-1}$ ;4个湿地芦苇的叶鞘去灰分热值最低,分别为17.2、14.0、18.5和17.4  $\text{kJ} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

### 3 讨 论

本研究中,4个湿地芦苇各器官的干质量热值和去灰分热值均以叶最高、叶鞘最低,各器官的灰分含量均以叶鞘最

高、茎或根最低,这可能是因为实验期间为芦苇的生长旺盛期,叶片光合作用强,合成的高能有机物(如蛋白质和脂类等)首先储存在叶中,热值指标必然高<sup>[10]</sup>;茎和根以低能的纤维素和木质素为主,热值指标较低<sup>[10]</sup>;叶鞘以纤维素为主,热值指标也较低<sup>[11]</sup>。值得注意的是,实验期内汉中(18.8  $\text{kJ} \cdot \text{g}^{-1}$ )和宝鸡(19.1  $\text{kJ} \cdot \text{g}^{-1}$ )湿地芦苇4个器官的去灰分热值的平均值更为接近,并高于合阳(18.4  $\text{kJ} \cdot \text{g}^{-1}$ )和富平(17.5  $\text{kJ} \cdot \text{g}^{-1}$ )湿地,这种差异可能是植物生理生态特性和气候条件综合作用的结果<sup>[10]</sup>。本研究结果显示:灰分对不同湿地芦苇各器官的热值有一定影响,去除灰分后,芦苇各器官的热值均不同程度升高。

### 参考文献:

- [1] 李萍萍, 陆军, 吴沿友, 等. 镇江滨江湿地优势植物种群的热值及其能量生产动态[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2008, 34(2): 221-229.
- [2] 任海, 彭少麟. 鼎湖山森林生态系统演替过程中的能量生态特征[J]. 生态学报, 1999, 19(6): 817-822.
- [3] 柳雪梅, 曾伟生. 植物热值研究综述[J]. 林业资源管理, 2019(5): 104-112.
- [4] 赵艳云, 刘京涛, 陆兆华. 渤海湾贝壳堤湿地芦苇种群与蒙古蒿种群空间分布格局和种间关系[J]. 湿地科学, 2017, 15(2): 187-193.
- [5] 刘长娥, 宋祥甫, 付子轼, 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.
- [6] 赖媛媛, 朱仁果, 罗笠, 等. 芦苇叶片中总氮同位素及游离氨基酸浓度对水淹的响应[J]. 植物资源与环境学报, 2019, 28(4): 107-109.
- [7] 屈凡柱, 孟灵, 付战勇, 等. 不同生境条件下滨海芦苇湿地C、N、P化学计量特征[J]. 生态学报, 2018, 38(5): 1731-1738.
- [8] 高锦红, 陈莹, 李雅丽. 用氧弹式量热计测定茶叶的热值[J]. 茶叶科学, 2018, 38(4): 425-429.
- [9] 王丽, 张军, 杜红霞, 等. 火烧及微地貌对高原湿草甸优势种华扁穗草地上部灰分含量及热值的影响[J]. 植物资源与环境学报, 2016, 25(4): 1-7.
- [10] 鲍雅静, 李政海. 内蒙古羊草草原群落主要植物的热值动态[J]. 生态学报, 2003, 23(3): 606-613.
- [11] 郑春龙. 茭白鞘叶的营养成分及其应用分析[J]. 安徽农学通报, 2009, 15(20): 28-29, 72.

(责任编辑: 佟金凤)