

不同海滨港湾环境条件下互花米草总黄酮积累动态研究

张晟途, 钦佩, 谢民

(南京大学生物技术研究所, 南京 210093)

摘要:对两个不同海滨地区的互花米草体内的总黄酮(Total Flavonoids of *Spartina alterniflora*, TFS)的含量及其随时间和相关环境因子变化进行研究。初步研究结果显示,互花米草 TFS 的积累与土壤含盐量呈强正相关关系,与土壤含氮量、土壤有机质呈正相关关系。TFS 的积累是互花米草在高盐度条件下的一种抗逆反应。

关键词:互花米草;总黄酮;积累;动态变化

Accumulation dynamic analysis of total flavonoids of *Spartina alterniflora* in different estuaries

ZHANG Sheng-Tu, QIN Pei, XIE Min (Institute of Biotechnology, Nanjing University, Nanjing, 210093, China)

Abstract: This article is on the study of the correlation between Total Flavonoids of *Spartina alterniflora* (TFS) and four environmental factors: organic matters, total nitrogen, soil salinity and seawater salinity. The research results is that TFS has a highly correlation with soil salinity, and normal correlativity with organic matters and total nitrogen. TFS accumulation is one of the tolerance reaction of *Spartina alterniflora* to the salt in the environment.

Key words: *Spartina alterniflora*; total flavonoids; accumulation; dynamic analysis

文章编号: 1000-0933(1999)04-0587-05 中图分类号: Q173 文献标识码: A

互花米草属禾本科虎尾草族,是一种引种于我国海滨潮间带的多年生资源植物。目前,发展面积在6700hm²以上。长期以来,互花米草作为保滩护堤的主要物种,在我国海滨发挥了重要作用。保护生态学的要旨是:自然资源的利用开发要和其保护结合起来^[1-2]。每年7,8月份的台风季节过后,米草的保滩护堤作用已不明显。如何有效地利用这一多年生的植物资源,值得探讨。前期研究表明,从互花米草体内可以提取黄酮类物质^[3],大量报道说明其具有较好的抗炎、免疫^[4]、降血糖^[5]、抗癌^[6]等药用价值,在室内人工海水环境下,TFS的积累是互花米草对外界盐度反应的重要生理指标^[7]。本文通过对不同季节江苏省大丰市两个不同港湾的米草总黄酮(TFS)含量与环境因子的相关性研究,讨论TFS含量积累的最佳季节和环境(地点),以利于该资源植物的开发利用。

大丰市位于32°35'~34°28'N,119°27'~120°53'E的黄海之滨。本区是近千年来海岸不断淤涨而形成的黄渤海平原的一部分,现在每年仍向外淤涨270m左右。土壤以粉砂淤泥质为主,物质组成南粗北细。土壤偏碱性,滩涂含盐量约1%左右,并受季节的影响而有所变化。试验地点分别位于该市海岸带中部的王港和中南部竹港的滩涂上,由于海水和淡水的交汇和其它地质等因素的影响,两地在互花米草生长条件如环境介质的含盐量、土壤有机质、含氮量等方面具有一定的对比性。故选择两地进行了TFS积累的动态研究。

1 材料与方法

1.1 土壤和海水中的主要矿质元素分析 1996年9月分别取竹港和王港土样各3个,经三酸化处理,用ICP测定主要矿质元素成分和含量。同时分别取竹港和王港近岸海水样各3瓶,经HNO₃-H₂SO₄处理,用

ICP 测定主要矿质元素成分和含量。

1.2 土壤和海水主要指标分析 1996年9~12月,每月分别于竹港和王港采土样和海水样各3个,用电导法测定土壤及海水含盐量,扩散吸收法测定土壤总N,秋林法测定土壤有机质。

1.3 互花米草体内不同器官 TFS 含量分析 上述取样的同时,每月分别于竹港和王港取样方(25×25×30cm³)3个,采集互花米草根部分,同时采集互花米草叶、茎和穗(12月份缺穗部),称得其鲜重,洗涤,烘干,然后用三氯化铝比色法测 TFS 含量^[8]。

1.4 数据的相关性分析 实验后数据分别将土壤有机质、土壤含N、土壤含盐量、海水含盐量作为变量X,互花米草总黄酮 TFS 含量作为Y,进行一元回归分析,分别求出其相关系数r,在X轴上的截距a,斜率b,求出在环境因子变化的情况下,TFS含量在正态回归的情况下的期望值E(y)_n=a+bx_n,作图,比较其与实测值的差距,得出TFS含量与不同环境因子的相关显著性。

2 试验结果

2.1 两地环境条件有关指标分析 通过分析,竹港和王港土壤与海水中的主要矿质和营养指标元素含量见表1。

表1 10种主要矿质元素在海水和土壤中的含量(海水 μg/ml,土壤 μg/g)

Table 1 Contents of 10 main elements in seawater and soil(seawater μg/ml,soil μg/g)

元素 Elements		P	K	Ca	Mg(%)	Fe
海水	竹港 Zhu	0.99±0.04	249±0.0	391.0±14	0.11±0.00	0.468±0.00
Seawater	王港 Wang	0.38±0.03	112.5±0.7	183.5±2.1	488.5±10.6	0.297±0.03
土壤	竹港 Zhu	692.5±17.7	1.9±0.0%	4.5±0.2%	1.7±0.1	3.31±0.17%
Soil	王港 Wang	618.5±23.3	1.7±0.0%	4.0±0.2%	1.36±0.1	2.59±0.21%
元素 elements		Cu	Mn	Zn	Si	Na(%)
海水	竹港 Zhu	0.044±0.006	ND	0.488±0.128	3.16±0.66	0.729±0.04
Seawater	王港 Wang	0.031±0.002	ND	0.446±0.0	3.11±0.14	0.345±0.01
土壤	竹港 Zhu	14.3±2.8	701.1±45.81	87.57±6.6	786.5±43.1	1.46±0.06
Soil	王港 Wang	10.7±3.0	544.9±56.5	64.08±7.56	755.5±193.0	1.67±0.06

* 由于Na、Mg等元素含量较高,故在作ICP测定时以百分比(%)为单位。ND为未测得数据。Because the contents of Na and Mg are higher, we use percent(%) as their units. ND means no detection.

表2 竹港、王港土壤有关指标及海水含盐量分析(0~30cm,%)

Table 2 Analysis of relevant index of soil and seawater in Zhugang and Wanggang

月份	土壤有机质	土壤含N	土壤含盐量	近岸海水含盐量	
Months	Organic matters in soil	Nitrogen in soil	Soil Salinity	Seawater salinity	
竹港 ^①	9	0.93±0.012	0.091±0.003	1.27±0.026	1.03±0.019
	10	1.11±0.011	0.096±0.003	1.36±0.024	1.11±0.020
	11	0.91±0.013	0.089±0.004	1.25±0.027	1.10±0.020
	12	0.82±0.013	0.081±0.004	1.19±0.022	1.02±0.019
王港 ^②	9	0.88±0.013	0.073±0.003	1.20±0.030	0.99±0.028
	10	0.80±0.011	0.069±0.002	1.19±0.023	0.97±0.019
	11	0.73±0.012	0.64±0.003	1.09±0.021	0.95±0.020
	12	0.71±0.011	0.062±0.002	1.08±0.022	0.91±0.020

①Zhu-guang;②Wang-guang

2.2 互花米草体内不同器官 TFS 含量分析 表3中给出了9~12月份互花米草不同器官中TFS含量。其中穗部由于其特定的生长周期,仅测得其9~11月份的含量。由表中可见,互花米草体内的黄酮主要积累于它的叶内,其他器官TFS含量的变化与叶内的变化基本具有同步性,即与叶内含量的变化趋势相似,且在互花米草体内穗的比重远小于叶,对TFS含量的分析应以叶内黄酮含量为依据。

2.3 TFS的积累与土壤有机质含量、土壤总N、土壤含盐量和海水含盐量的相关关系

通过对竹港和王港地区的互花米草 TFS 含量与土壤有机质含量、土壤总 N、土壤含盐量和海水含盐量的相关性分析,得出其相关系数如表 4。

表 3 1996 年王港、竹港互花米草总黄酮在不同器官中的含量的测定(mg/g)

Table 3 Contents of TFS in different organics of *Spartina alterniflora*

月份 Months		9	10	11	12
竹港 Zhugang	根 Roots	0.192±0.002	0.032±0.001	0	0.192±0.002
	茎 Shoots	0.176±0.011	0.064±0.002	0	0.576±0.006
	叶 Leaves	3.86±0.019	4.54±0.032	3.36±0.052	2.66±0.016
	穗 Spikes	2.44±0.016	1.41±0.000	0.512±0.032	
王港 Wanggang	根 Roots	0.272±0.016	0.064±0.002	0	0.240±0.016
	茎 Shoots	0	0	0.128±0.032	0.116±0.032
	叶 Leaves	1.81±0.016	1.79±0.032	1.264±0.048	1.22±0.039
	穗 Spikes	1.58±0.016	0.976±0.016	0.848±0.016	

表 4 竹港和王港地区的互花米草 TFS 含量与 4 种环境因子的相关系数分析

Table 4 Analysis of correlative coefficient between TFS contents and four environmental factors in Zhugang and Wanggang

相关系数 r	TFS 与土壤有机质	TFS 与土壤含 N	TFS 与土壤含盐量	TFS 与海水含盐量
Correlative coefficient	TFS & organic matter	TFS & nitrogen	TFS & soil salinity	TFS & seawater salinity
竹港 Zhugang	0.957*	0.983**	0.981**	0.843
王港 Wanggang	0.914*	0.945*	0.999**	0.876

经 F 检验, F test, ** P<0.01, * P<0.05。

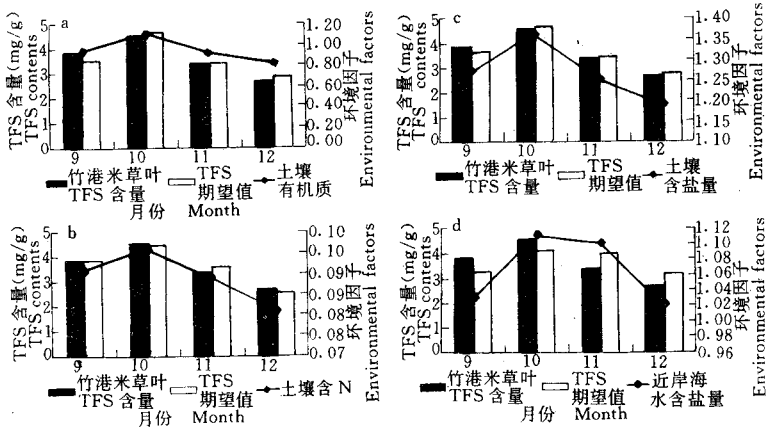


图 1 竹港地区 TFS 的含量与 4 种环境因子的相关关系

Fig.1 The corralitivity between TFS contents and four enviromental factors in Zhugang

- a. 与土壤有机质的关系 With organic matters
- b. 与土壤含 N 的关系 With total N
- c. 与土壤含盐量的关系 With soil salinity
- d. 与海水含盐量的关系 With seawater salinity

3 讨论

3.1 TFS 的含量变化与土壤含盐量的相关分析

从表 1 和表 2 中可以看出,竹港地区海水的含盐量均高于王港,这是由于其特定的地理水文环境造成的;而竹港地区土壤中的 N、K、P、有机质及其他矿质元素的含量亦高于王港地区,这与两个地区的植被发育、沉积物的来源差异有关。从图 1 和图 2 中可以看出,王港和竹港的土壤含盐量随月份的变化分别于 9 月

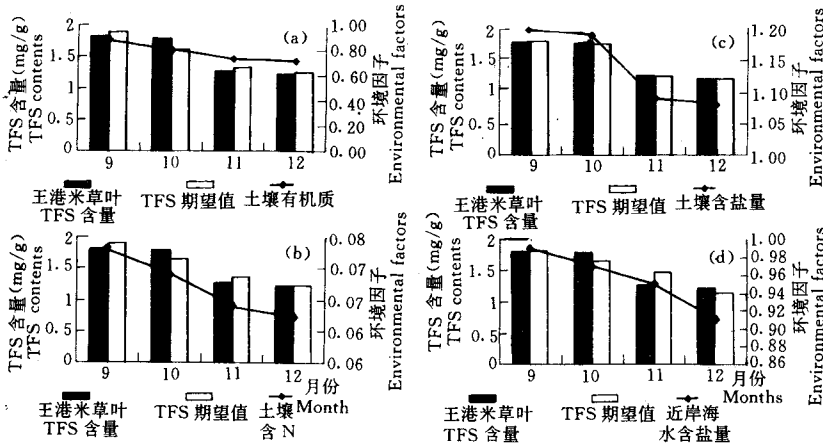


图2 王港地区 TFS 的含量与 4 种环境因子的相关关系

Fig. 2 The corralitivity between TFS contents and four enviromental factors in Wanggang

- a. 与土壤有机质的关系 With organic matters
- b. 与土壤含 N 的关系 With total N
- c. 与土壤含盐量的关系 With soil salinity
- d. 与海水含盐量的关系 With seawater salinity

和 10 月达到峰值，而 TFS 的积累也分别于 9 月和 10 月达到峰值，图 1.c 和图 2.c 中的根据相关关系所得到的期望值与实测值极为吻合，说明 TFS 的积累与土壤含盐量具有非常密切的关系。对两地的 TFS 含量与土壤含盐量的 8 对数据混合作相关性分析，可以得出相关系数 r 为 0.940，经显著性检验大于 $r_{\alpha=0.01(1,6)}$ ，这也更进一步说明了 TFS 的含量与土壤含盐量的强正相关关系。同时，两地的 TFS 含量在不同时间分别达到峰值，说明 TFS 的积累与土壤含盐量的变化趋势相同，土壤含盐量对 TFS 积累的影响较地区及气候等其他因素更为显著。TFS 的含量与土壤有机质和土壤含氮量均具显著的正相关，这说明，TFS 的合成和积累与外界营养的提供是密不可分的。图 1.d 与图 2.d 中的期望值与实测值的明显差异说明了 TFS 含量与海水的含盐量无显著相关性，这可能是两被测点的水含盐量相对较为稳定的缘故。

3.2 TFS 等次生代谢物质在互花米草湿地生态系统中的重要地位

存在于陆地盐生植物和水生盐沼植物中的黄酮类化合物具有调节细胞水势，增加机体的抗盐能力^[9]。从本试验的结果看，在自然条件下，TFS 的积累可以作为互花米草抗盐的一个重要生理指标。由于黄酮类化合物具有较好抗炎、免疫^[4]、降血糖^[5]、抗癌等药用价值，所以 TFS 积累的动态研究在药物的开发方面具有重要的意义。此外，在互花米草草场中发现有以互花米草叶汁为食的 *Prokelisia mardinata* 和 *P. dolus*，和以互花米草种子为食的候鸟^[10,11]，这也提示了在动物取食部分(叶和穗部)积累较多的 TFS 也许是这些动物强体健身需要的物质；从而有理由相信，引种互花米草对海滩湿地生态系统的生物多样性的保护是有益的。对于我国目前面积在 6700hm² 以上的互花米草湿地资源，不应只是看到它的抵御风浪的效果，还应重视对其次生代谢物质进行开发和利用。互花米草作为在海滩高盐度环境下的优势物种，具有很高的初级生产力，互花米草在 7~9 月份生物量上升趋势很明显^[3]，7~8 月份为我国东部沿海台风的多发季节，此时互花米草对海堤的保护具有非常重要的作用，9~12 月份我国东部沿海风暴潮较少，故对 TFS 的利用研究宜选在 9~12 月。在互花米草成熟季节 9~12 月份，做到有目的地对 TFS 的开发利用，具有较好的应用前景。由于工作任务的紧迫和研究时间的限制，TFS 的动态积累还有待进一步的研究。

参考文献:

[1] Qin Pei, Xie Min, et al. Estimation of the ecological benefits of two *Spartina alterniflora* plantation in North Jiangsu, China. *Ecological Engineering*, 1997, 8, 5~17.

[2] Meyer J l. 为了人类未来的生态学. 中国生态学会通讯, 1997(2), 10~16.

- [3] 钦 佩,等. 互花米草的初级生产和类黄酮的生成. 生态学报,1991,11(4):293~279.
- [4] 钦 佩,谢 民,等. 一种能增强机体免疫功能的新型饮料. 自然杂志,1990,13(4):226~227.
- [5] 蔡 鸣,钦 佩,等. 互花米草总黄酮(TFS)与生物矿质液(BML)对小鼠血糖的影响. 海洋科学,1990,12~13.
- [6] 杨晓梅. 互花米草总黄酮的植物化学和抗肿瘤活性的研究. 南京大学学报,1997,33(研究生特刊):202~208.
- [7] 杨晓梅,钦 佩,等. 人工海水环境中互花米草总黄酮等生理成分与盐度的相关性研究. 生态学杂志,1997,3,7~10.
- [8] 臧荣春,钦 佩. 生物矿质保健茶重要品质成分测定. 钦 佩,仲崇信:米草的应用研究. 北京:海洋出版社,1992. 90~93.
- [9] Harborne J B. *Introduction to Ecological Biochemistry*. Academic Prees, Londor, 1982, 19~24.
- [10] John D, Bacheller and John T. Romeo. Biotic and abiotic stress effects on nitrogen chemistry in the salt march cordgrass *Spartina alterniflora* (Poaceae), *Chemoecology*, 3(1992)74~80.
- [11] Pfeiffer W J and Wiegert R G. Grazers on *Spartina* and Their Predators. In: Pomeroy. L. R., Weigert, R. G. eds. *Ecology of Salt Marsh*. Springer-Verlag Press, New York, 1981. 88~112