

互花米草的初级生产与类黄酮的生成

钦佩 谢民 周爱堂

(南京大学生物系)

摘要

作为次级代谢产物的类黄酮在互花米草体内含量较丰富,江苏滨海废黄河口互花米草草场10月份草中含量最高,仅水提即可达6%以上。互花米草类黄酮(TFS)的积累受生长季节、周围环境因子等的影响。TFS的积累与初级生产呈正相关,在 ^{14}C 标记同化物的过程中发现,同化作用1小时后即有相当量的TFS产生,其比值高达 $10 \times 10^6 \text{cpm}/100\text{mg}$ 以上。

关键词: 互花米草, 初级生产, 类黄酮。

黄酮类化合物(简称类黄酮)是广泛存在于植物体内的一大类化合物。其生理活性虽相对较弱,但影响范围较广,故引起学术界越来越多的兴趣。已确定的类黄酮的生理生活有抗菌、消炎、抗氧化及扩张血管的维生素P样作用等^[3]。互花米草类黄酮(TFS)的提取、检识^[1]和增强机体免疫力等生物活性^[2]的研究已有初步报道。在进一步研究TFS活性的同时,作者感兴趣的是外界环境因子对TFS的产生、得率及活性影响的化学生态问题。本文设计了在测定互花米草初级生产的同时,对TFS的得率及相关因子的观察,得出了一些虽说初步的但却是较新的结果。

一、材料与方 法

1. 互花米草初级生产的测定

互花米草初级生产的测定选择在1989年7—10月在苏北滨海县废黄河口互花米草草场中进行。由于废黄河口海岸属侵蚀型海岸,1982年至1986年引种的互花米草发展缓慢,在河口南侧潮间带滩涂形成不连续的A、B两片单种群落,总面积不足千亩。互花米草初级生产的测定选择了三个指标:

(1)现存生物量 于每个月下旬,在近河口潮水沟的A群落和偏南的远潮水沟的B群落分别取 $25 \times 25\text{cm}^2$ 的三个样方,测量样方群落高度、计数样方群落株数,然后直接收获,以计算群落地上部分生物量。

(2)叶绿素含量 在测算生物量的同时,分别于A、B群落中各采10株草,即带至1公里外的海堤管理所,各选茎尖以下第二片草叶若干,A、B群落各制成五个样,用Arnon法提取比色,并求出其平均含量。

(3) ^{14}C 标记同化物产量 9、10月采样时,在B群落选二个样方,外套 $25 \times 25 \times 150\text{cm}^3$ 的自制有机玻璃同化室,内设小电扇鼓风,在同化室顶盖下10cm处固定一药室,内装

Ba¹⁴CO₃, 7 mg, 自顶盖加样孔向药室滴入盐酸 2 ml 后, 让同化室内光合作用进行 1 小时, 即拆去装置, 收获样方中的草样(地上部分和地下部分)。将草样按不同部位处理, 消化, 置于贝氏液闪仪上测cpm值。

2. TFS的提取测定

(1)TFS的动态检测 在每次进行初级生产测算时, 于A、B群落采地上部分草样, 各取 3 个样, 每样鲜重约100g, 带回实验室。11月份增加了射阳大喇叭口海滩互花米草草场的样品和校植物园缸中的互花米草样品。将样品烘干, 水提制成生物矿质液^[4], 再经酸-碱-酸特定工艺提取, 经醇洗涤后烘干即为TFS, 称重供动态分析。

(2)¹⁴C标记的TFS测算 将¹⁴C标记同化物所采的地上部分草样, 按上述 TFS 提取工艺制得样品, 然后用H₂O₂处理, 置于贝氏液闪仪上测cpm值。

3. 土壤矿质元素分析 在11月份分别对滨海废黄河口、射阳大喇叭口及植物园缸内采土样, 消化处理, 用ICP 仪测定 5 种重要矿质元素含量。

二、试验结果

1. 废黄河口互花米草现存生物量

1989年滨海废黄河口所形成的互花米草群落为 3 年至 7 年生不等, 从图 1 和表 1 中的互花米草现存生物量及群落高度、株数可见, 7 月至 10 月上述指标呈上升趋势, 其中, 近河口潮水沟的A群落长势较好。

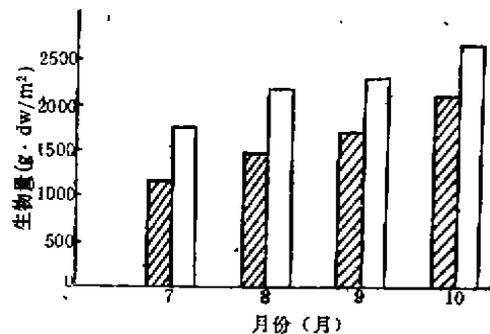


图 1 1989年废黄河口互花米草群落地上部分生物量 “□”示A群落生物量, “▨”示B群落生物量
Fig.1 *S. alterniflora* shoots biomass of two communities at the estuary of old yellow river in 1989.
note, “□”means the biomass of community A and “▨”means that of B.

表 1 1989年废黄河口互花米草群落长势

Table 1 The situation of *S.alterniflora* communities near the estuary of old yellow river in 1989

月 份		7	8	9	10
互花米草平均高(cm)	群落A	102.2	117.3	124.1	145.0
	群落B	58.4	109.0	118.0	132.0
株 数	群落A	42	46	45	47
	群落B	41	44	44	46

2. 废黄河口互花米草叶绿素含量

互花米草叶片中的叶绿素含量如图2所示, A与B两个群落的叶绿素含量曲线相当接近, 都是以 7 月份为较低值, 发展至 8 月出现峰值, 9 月、10月逐渐下降到一定的水平。不同的是A群落 8—9 月的下降幅度要大些。

3. 废黄河口互花米草的同化率及TFS的产生率

废黄河口互花米草同化率测定安排在B群落, 暂进行了9、10 两个月的试验, 用同位素标

记测定其相对值。

9、10两个月的¹⁴C 标记同化物 1 小时内的产量及分布用比放射强度，即每 100 毫克相应部位样品的cpm值表示(见表 2)，同时，表中还列出了标记的互花米草地上部分样品中提取的TFS的放射强度。

4. 废黄河口互花米草TFS含量及其与生物量的相关性

互花米草地上部分提取测定的TFS含量如图 3 所示，A与B两群落的TFS量从7—10月均呈增长趋势，且从9月至10月的增量均为最大，10月份之后就急剧下降。两条曲线比较，在 4 个月中A群落TFS的含量都比 B 片高。

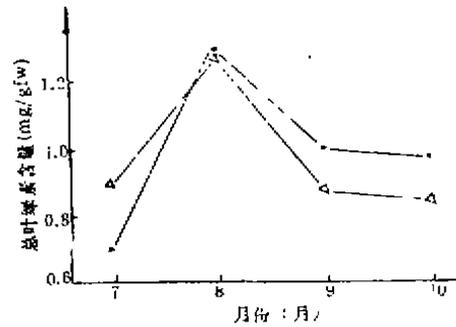


图 2 1989 年度黄河口互花米草叶绿素含量
“△”表示 A 含量，“●”表示 B 含量。
Fig.2 Chlorophyll contents of *S.alterniflora* near the estuary of old yellow river in 1989.
note: “△”means the content of community A, and “●” is that of B.

表 2 9、10 两个月互花米草¹⁴C 标记同化物(1 小时)及 TFS 的放射强度(cpm/100mg)

Table 2 The radiostrength of ¹⁴C labelled assimilation product (1h.) and TFS of *S. alterniflora* in Sep. and Oct. (cpm/100mg)

植体部位	叶	茎	根茎	根	TFS*	TFS(cpm)/地上部 (cpm)
9 月份	260107	47155	4881	2380	120.19 × 10 ⁵	39
10 月份	226818	42267	3107	1690	100.8 × 10 ⁵	37

* 本表中所列 TFS 的量即取相应地上部分标记样品按本文方法 2 (2) 制取测得的。

* The TFS contents in the table were determined from labelled corresponding leaves and shoots with method 2 (2) in the paper.

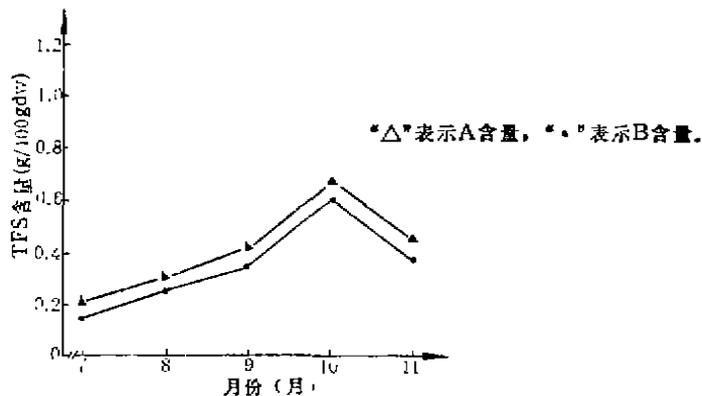


图 3 1989 年度黄河口互花米草地上部分 TFS 含量
Fig.3 TFS contents of *S. alterniflora* shoots of two community at the old yellow river in 1989
note: “△” means the content of community A, “●” is that of B.

根据7—10月 TFS 对互花米草生物量的相关分析(如表3), A 群落的相关系数 $r_A = 0.98$, B群落的相关系数 $r_B = 0.99$, 两片群落TFS与互花米草生物量均呈显著正相关。

表3 1989年7—10月TFS(Y)与互花米草生物量(X)的相关性分析
Table 3 The analysis of relationship of TFS(Y) to the biomass of *S. alterniflora* (X) in July to Oct., 1989

月 份		7	8	9	10
生物量	群落A	1750	2198	2860	2611
	群落B	1225	1492	1706	2955
TFS (g/100gdw)	群落A	0.21	0.32	0.42	0.66
	群落B	0.15	0.26	0.35	0.61
相关系数及相关性	群落A	$r_A = 0.98$, 二者呈正直线相关。			
	群落B	$r_B = 0.99$, 二者呈强正直线相关。			
直线回归方程	群落A	$y = 0.0005x - 0.71$			
	群落B	$y = 0.0006x - 0.55$			

5. 3种不同土壤的矿质元素及其中互花米草TFS含量

11月份对3种不同土壤介质(即除了滨海废黄河口草场, 还增加了射阳大喇叭口草场和校植物园草缸)的5种主要矿质元素含量的测定见表4, 其中还同时列出了相应土壤中采集的互花米草样品的TFS含量。

由表4可见, 大喇叭口土壤矿质含量较高, 其TFS含量也较高; 园内草缸土壤矿质含量较低, 其TFS含量也较低。

表4 11月份3种土壤的主要矿质元素含量(%)及互花米草TFS值(g/100gdw)

Table 4 The contents of major mineral elements (%) in three soils and TFS values(g/100g dw) in Nov.

元 素	Ca	Fe	K	Mg	Na	TFS
废黄河口	4.26	2.96	1.94	1.32	1.27	0.41
大喇叭口	5.32	4.03	1.92	1.72	1.21	0.60
草 缸	0.96	2.43	0.64	0.57	0.32	0.21

三、讨 论

1. 互花米草初级生产与类黄酮的关系

在1989年7—10月中, 滨海废黄河口的互花米草草场的初级生产物的积累呈明显增长趋势(图1), 10月份地上部分现存生物量达到最大值; 其中, 近潮水沟的A群落为2692gdw/m², 超过1981年美国乔治亚州海滩的互花米草有关生物量(2288gdw/m²)^[6], 接近于作者1985年在福建罗源湾测定的互花米草有关生物量(2745gdw/m²)^[6]。这4个月TFS的测定值和生物量不仅呈同步上升趋势(如图1、图3所示), 而且呈明显正相关(如表3)。类黄酮虽说是次级代谢产物, 但在植物体内的合成速度是不慢的。本文9、10两个月的标记¹⁴C同化试验中, 仅1小时, TFS的检出值就相当高, 其cpm值就达到地上部cpm值的37—39倍

(表2)。9、10两个月的TFS合成量变化不仅与标记同化物的积累同步(表2),也与叶绿素的含量动态同步(如图2),叶绿素曲线8月份出现高峰后,逐月下降,10月份为最低值。

由此可见,互花米草初级生产与TFS的合成和积累呈正相关关系;植株内叶绿素含量较高,光合作用较强,合成的TFS也就较多;现存生物量越大,TFS的积累也就越多。

2. TFS的时空变化动态

从7—11月的5个月中,废黄河口的A、B米草群落的TFS含量均先上升,至10月份出现峰值,11月份即下降(图3)。这一方面是由于10月份互花米草种子成熟,生长停止,之后,落叶开始,可能带走了一定量的TFS,另一方面,植株的光合作用及其他生理活动也渐迟缓,可能使TFS的合成速率小于分解速率。图3和表4初步揭示了TFS随季节和土壤因子变化的动态。近潮水沟的A群落TFS含量均高于B,高矿质土中的米草TFS含量较低矿质土中的高,说明TFS的合成和积累与米草生长土壤的矿质营养等指标有密切关系。

3. 关于植株内TFS生理功能的初探

在植物体内类黄酮的生理功能是多方面的,本文仅就有关的两个方面来认识TFS的生理功能。首先是与光合作用的关系。大量文献报道,类黄酮是在质体中合成的^[7-9],Weissenboeck等发现凤仙花的叶绿体中含类黄酮高达其干重的2%,而且光照能明显增加其类黄酮含量^[9]。本文的初步试验数据也说明,在光合作用过程中,TFS很快产生,而且其合成量与叶绿素含量关系密切。至于二者间功能方面的联系,本文尚未涉及。据报道,植物体内合成的类黄酮能加快叶绿体中ATP的合成,从而促进希尔反应和光合磷酸化过程^[10]。另外,类黄酮在许多盐生植物(特别是海滩盐沼植物)体内能形成硫酸酯,以这样的结构加大水溶性,调节细胞的水势,增强机体的抗盐能力^[11]。本文表4所示3种不同矿质含量土壤中生长的互花米草,其TFS的含量与土壤介质中有关矿质元素含量关系密切,可能与这方面的功能有关。当然,对于TFS的抗盐机理,尚有待进一步探讨。

参 考 文 献

- [1] 曹日强,朱汝幸等,1988,互花米草和大绳草的比较生化研究,南京大学学报(3):515—522.
- [2] 钦 佩,谢 民等,1990,一种能增强机体免疫功能的新型饮料,自然杂志 13(4):226—227.
- [3] J. B. 哈本等著,戴伦凯等译,1983,黄酮类化合物,第300—335页,科学出版社,北京.
- [4] 钦 佩,谢 民等,1988,米草食用价值的开发研究,自然杂志 11(12):931—939.
- [5] 钦 佩等,1985,福建罗源湾海滩三个生态型互花米草群落生物量的比较,《南京大学学报——米草研究成果论文集》,第226—236页,南京.
- [6] Pomeroy, L. R., Wiegert, R. G., 1981, *The Ecology of A Salt Marsh*, 39—67, Springer-Verlag, New York.
- [7] Gifford, E. M. and Stewart, K. D., 1968, Inclusions of the proplastids and vacuoles in the shoot apices of *Bryophyllum* and *Kalanchoe*, *Am. J. Bot.* 55(3):269—279.
- [8] Weissenboeck, G., 1973, Experiments on the localization of flavonoids in plastids, *Ber. Dtsch Bot. Ges.* 86(5):351—364.
- [9] Weissenboeck, G., 1972, Distribution of PAL activity and accumulation of flavonoid compounds in seedlings of *Impatiens balsamina* L., *Z. PFLANZENPHYSIOL.* 66(3):243—250.
- [10] Krogmann, D. W. and Stiller, M. L., 1962, Photophosphorylation and flavonoids, *Biochem Biophys Res.* 7(1):46.
- [11] Harborne, J. B., 1982, *Introduction to Ecological Biochemistry*, 19—24, (2cd), Academic Press, London.

THE PRIMARY PRODUCTION AND FLAVONOIDS PRODUCTION OF *SPARTINA ALTERNIFLORA*

Qin Pei Xie Min Zhou Ai-Tang

(Department of Biology, Nanjing University)

The content of flavonoids as a sort of secondary metabolites in *Spartina alterniflora*, was rather rich. It was highest in the salt marsh plant growing near the estuary of old Yellow River, Binhai county, Jiangsu province, in October, 1989, and the percentage was over 0.6% with water extraction alone.

The production of TFS (total flavonoids of *S. alterniflora*) was dependent on seasons and environmental factors. It was positively correlated to the primary production of the plant. In the ^{14}C labelled photosynthesis, more content of TFS was determined after one hour assimilation and its radioassay was over $10 \times 10^6 \text{cpm}/100\text{mg}$.

Key words: *Spartina alterniflora*, primary production, flavonoids.