

大米草-双齿围沙蚕相关性初探

PRELIMINARY STUDY ON INTERACTIONS
BETWEEN SPARTINA ANGLICA C.E. HUBBARD
AND PERINEREIS AIBUHITENSIS GRUBE蒋福兴; 黄耀生✓
一、前 言

Q959.192.2

我国广阔的海滩上蕴藏着丰富的生物资源,多毛类环节动物——双齿围沙蚕就是其中之一。它们不但近海、河口的鱼虾等的天然优质食料,而且也是娱乐业垂钓的重要钓饵,成为江、浙等省沿海地区出口创汇的一大资源。

经大量调查资料发现,在海滩盐沼-大米草滩上双齿围沙蚕的数量一般比光滩高数倍至数十倍,而且个体大小也有显著差异。这一海滩生态系统中特定的结构和功能的关系,即植物(大米草)与动物(双齿围沙蚕)之间是否直接存在摄食关系抑或其它原因,到目前为止尚未见报道。

在海滩上主要营底栖生活的双齿围沙蚕一般食取藻类和一些有机碎屑,要直接区分它的摄食成分尚有不少困难,而相当直观的稳定碳同位素方法无疑对海滩盐沼和河口生态系统中复杂的食物链研究是个有力的工具^[1]。国外已有不少学者用此方法进行食性或食物链方面的研究^[2-4]。

本文主要采用稳定性碳同位素方法,即以 $\delta^{13}\text{C}$ 值作为该方法的一个重要标记,用于对食物组成和能量转移进行定量估计。 $\delta^{13}\text{C}$ 值属于光合作用途径的一种功能,即决定 ^{13}C 耗尽的主要因素是光合作用途径。这就使得 C_3 和 C_4 植物有两个明显不同的模式值。前者为 -28‰ ,后者为 -12.5‰ ^[5]。河口悬浮物、底栖和浮游藻的 $\delta^{13}\text{C}$ 值介于 C_3 和 C_4 维管束植物之间(-16.2‰ — -26.2‰)^[1]。本试验区恰好只有 C_4 植物的大米草单一群落,海滩上除有一些藻类外别无其它 C_4 或 C_3 植物相干扰。因此,这给本实验采用该方法来检验双齿围沙蚕与大米草之间是否存在摄食关系提供了先决条件。与此同时,还就大米草滩和光滩作为双齿围沙蚕两个毗邻的不同生境条件作了分析比较,试图进一步揭示大米草与双齿围沙蚕之间的相关性。进而寻找一条既不因挖掘沙蚕而破坏了大米草场,又能使沙蚕得到适度的采挖,使这两种资源都能得到保护和发展的合理途径提供一些科学依据。

二、材料和方法

1. 材料的准备

植物材料大米草和底栖藻类[以盘苔(*Blidingia minima* Kylin)为主]于1988年10月份采自江苏启东黄海滩,取大米草全草,用水冲洗再用去离子水洗 $\rightarrow 60^\circ\text{C}$ 烘干 $\rightarrow$ 用植株粉碎机粉碎 $\rightarrow$ 过60目,草粉装瓶待测。藻类样品先用水搅拌 $\rightarrow$ 离心 $\rightarrow$ 沉淀,然后再用重液(碘化钾和碘氢酸混合液)悬浮 $\rightarrow$ 离心 $\rightarrow$ 沉淀。充分除去泥沙,悬浮液再抽滤冲洗多次,最后得藻粉供测试。动物样品双齿围沙蚕于1989年5月分别从大米草滩和毗邻光滩上挖取两种供试样。保持新鲜活体带回实验室。先用水冲洗,再用10% HCl洗去其它附着物,最后用去离子水洗净 $\rightarrow 60^\circ\text{C}$ 烘干 $\rightarrow$ 研钵磨碎,过60目筛再装瓶待测。

2. 制样方法(封管法)

(1)将上述准备的各样品加 CuO (2g)封入优质玻璃管内,抽真空 $\rightarrow$ 加热除气(100°C) $\rightarrow$ 封管。(2)把封管

本文于1990年8月22日收到。

放在550℃下反应15h。(3)将反应后的管接入真空系统,击碎放出气体,在液氮下吸收CO₂和水,抽去杂质气体。(4)在干冰冷液下把CO₂和水及其它杂质分离→CO₂吸收到样品管内→送质谱室进行同位素分析。质谱分析用MAT-251或250质谱双进样号接收法测定。

三、结果和分析

1. 样品的δ¹³C值

由质谱仪测得各样品的¹³C/¹²C的比值,再根据公式:

$$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}} = \left[\left(\frac{{}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}_{\text{样品}}}{{}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}_{\text{标准品}}} \right) - 1 \right] \times 1000\text{‰} \quad [1, 6]$$

得出各样品相应的δ¹³C值(实验值)(公式中PDB是国际普遍采用的标准样品——一种碳酸盐)。又按照Pinder(1987)等人意见^[6],由于消费者体内对¹³C有较大的同化和保留,因此它的期望值应在所消费的植物δ¹³C的实验值上再加一个附加值(1‰)。由此本实验结果见表1。

表1 各样品的δ¹³C值($\bar{X} \pm \text{SD}$, $n = 3$)

Table 1 δ¹³C Values (mean SD based on three observations) for the plants and Nereids

不同生境 Different habitat	δ ¹³ C _{PDB} (‰)			$t_{\text{测验}} \quad df = 4$ $t_{4,0.05} = 2.7764$
	大米草 <i>Spartina anglica</i>	藻类 Algae	双齿围沙蚕 <i>Perinereis aibuhitensis</i>	
草滩 <i>Spartina plantation</i>	-12.24 ± 0.15	—	期望值 -11.24 ± 0.15 实验值 -15.27 ± 0.11	$t = -7.9658^*$ $P < 0.05$
光滩 Barren flats	—	-18.49 ± 0.47	-17.49 ± 0.47 -17.14 ± 0.18	$t = -1.2044$ $P > 0.25$

由表1可见,大米草的δ¹³C为-12.24 ± 0.15‰,非常接近于C₄植物的模式值(-12.5‰);以盘藻为主的底栖藻的δ¹³C值(-18.49 ± 0.47‰)也落在河口悬浮物、底栖和浮游藻的δ¹³C值范围内(-16.2—-26.2‰)。分别采自草滩和光滩的双齿围沙蚕的δ¹³C实验值各自为-15.27 ± 0.11‰和-17.14 ± 0.18‰。根据Haines(1979)和Pinder(1987)等人的观点^[1, 6],在动物组织里的δ¹³C值和它们的食物δ¹³C值基本一致或与C₃、C₄植物混和组分的δ¹³C值呈线性关系。而光滩上沙蚕样品的δ¹³C值(-17.14 ± 0.18‰)正好与藻类的δ¹³C期望值相差无几($P > 0.25$)。从而可得出光滩上的双齿围沙蚕基本上仅以藻类为食料。这点恰好也与郑佩五等用经典方法对双齿围沙蚕消化道食物组成分析相一致^[11]。来自大米草滩的双齿围沙蚕其δ¹³C值为-15.27 ± 0.11‰,比光滩上的将近增加了2‰的值。这说明栖息在大米草滩上的沙蚕δ¹³C值已向C₄植物大米草的δ¹³C值发生偏移。但经 t 测验,两者之间尚存在显著性差异($P < 0.05$)。这一结果,一方面说明双齿围沙蚕摄食了部分大米草成分(主要为它的有机碎屑或碎片),才使它的δ¹³C值升高,但又并非以C₄植物为主要食源,因为它们之间的δ¹³C存在显著性差异。

假设沙蚕的食物来源仅为藻类和大米草。设摄取大米草的生物量为 $x\%$,摄食藻类的生物量为 $y\%$ 。根据Pinder等^[6]对某一样地动物组织的混合δ¹³C值的计算公式。

$$\delta^{13}\text{C} = \frac{(\text{C}_3\text{植物的生物量})(\text{C}_3\text{植物的}\delta^{13}\text{C}) + (\text{C}_4\text{植物的生物量})(\text{C}_4\text{植物的}\delta^{13}\text{C})}{\text{C}_3\text{植物的生物量} + \text{C}_4\text{植物的生物量}}$$

则可列出二元联列方程如下:

$$\begin{cases} x + y = 1 \\ x(11.24) + y(17.49) = 15.27 \end{cases}$$

由此解得 $x=35.5\%$ $y=64.48\%$, 从这计算结果, 即可推测在大米草滩上的双齿围沙蚕, 摄食大米草量的可能性为 $1/3$ 左右。其余 $2/3$ 的食源来自藻类。

与此同时我们还从大米草滩上采得的活体双齿围沙蚕进行解剖, 取出消化道在显微镜下 (10×10) 观察。发现沙蚕消化道内有类似大米草维管束鞘的组织 (参见照片)。从而也可直接佐证双齿围沙蚕能摄食部分大米草为食料。

由食性分析证实了双齿围沙蚕和大米草之间存在一定的摄食关系。下面就相邻的两个样地 (草滩和光滩) 沙蚕的数量、基质的通透性、有机质含量诸方面作一分析比较, 进一步阐明大米草和沙蚕的相互关系。

2. 草滩和光滩上双齿围沙蚕数量比较

我们在青岛黄海滩试验区潮间带上部的大米草滩和光滩上 (同一高程) 随机取样, 进行了全年性的沙蚕数量调查。结果见表 2。

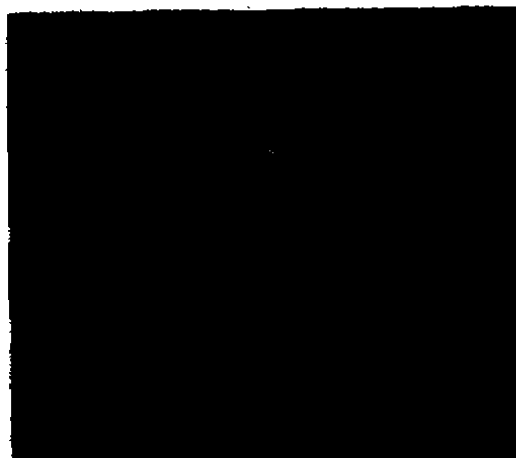


图 1 双齿围沙蚕消化道内含物
(示大米草维管束鞘, $70\times$)

Fig.1 The materials in alimentary canal of *Perinereis aibuhitensis* Grube (Show vascular bundle sheath of *Spartina anglica* C.E.Hwbbard)

表 2 草滩和光滩上双齿围沙蚕数量的比较

Table 2 Comparison of individuals and body weights of Nereids between *Spartina* plantation and barren flats of the upper intertidal zone

不同生境 Different habitat	双齿围沙蚕 <i>Perinereis aibuhitensis</i>	1987年 11	1988年 1	3	6	7	8	9	10	12	1989年 5 (月)
大米草滩 <i>Spartina</i> plantation	个体数量 Numbers (条/ m^2)	268	160	260	228	252	72	32	288	180	220
	生物量 Biomass (g/ m^2)	31.44	60.12	74.96	107.28	75.72	40.16	13.48	64.78	55.48	140.96
光滩 Barren flats	个体数量 Numbers (条/ m^2)	8	8	8	20	44	0	4	4	40	0
	生物量 Biomass (g/ m^2)	1.52	14.56	2.0	5.96	8.52	0	1.2	0.60	24.96	0

从表 2 可看出, 大米草滩上沙蚕的数量与生物量远远高于光滩上的量, 一般高达数十倍之多。这结果与童远瑞等^[8]在该地区调查得出大米草区比光滩的双齿围沙蚕高 50 多倍的结果基本一致。当地群众也已认识到这个规律, 通常均集中在大米草滩上轮番捕挖沙蚕出售。有时使大片草滩毁于一旦。

3. 草滩和光滩基质性比较

由于大米草的发达根和根茎纵横交错于滩基中, 一方面空气容易由地上茎叶的通气组织输送到根部, 再由根部向外扩散使根部四周造成好氧的环境。同时盘根错节的根系能抗衡潮水或雨水的冲刷、淋洗, 能始终保持好这通气的环境。另一方面逐年枯死腐烂的部分根组织除增加基质的有机质外, 同时对土壤团粒结构的形成起到积极的作用。据分析^[9], 大米草滩 0—20cm 土层中大于 0.25mm 的团粒达 29.4%, 光

滩地仅有1.7%, 它的土体基本均为成土母质的单粒状态, 显而易见草滩基质松软、通气的环境, 给主要营钻洞穴居的双齿围沙蚕带来非常有利的生存环境。相反裸露的光滩土雨后极易板结、闭气严重, 不利于沙蚕的生存。

4. 草滩和光滩有机质及微生物数量比较

海滩上栽种大米草后一般比邻近光滩的有机质含量逐年有所增加^[9]。从本课题试验区潮间带上部样地的分析同样反映了这一现象(详见表3)。

表 3 草滩和光滩(同高程)有机质含量比较(%)

Table 3 Comparison of organic matter contents between *Spartina* plantation and barren flats of the upper intertidal zone

不同生境 Different habitat	1987年 10	11	1988年 1	3	6	7	8	9	12	1989年 5(月)	$\bar{X} \pm SD$
大米草滩 <i>Spartina</i> plantation	0.79	0.66	0.67	0.76	0.82	0.85	1.23	0.67	0.60	0.80	0.78 ± 0.18
光 滩 Barren flats	0.44	0.56	0.54	0.56	0.53	0.89	1.00	0.44	0.53	0.54	0.58 ± 0.17
$t_{9, 0.05} = 2.262 \quad n = 10 \quad t = 2.6^* \quad p < 0.05$											

从表3的结果可看出, 大米草滩有机质含量与光滩有显著性差异 ($p < 0.05$)。由于有机质增加, 随之而来微生物和其它异养生物也会相应增多, 从表4可见^[10], 大米草滩土中的细菌数量要比光滩高数十到数百倍。微生物数量的增加, 加快了大米草残体的分解、转化, 也改善了大米草碎屑的营养价值^[11]。这些同样对沙蚕的栖息环境带来有利的条件。

表 4 草滩和光滩的微生物数量比较(细菌个数/克干土)^[10]

Table 4 Numbers of microbes in comparison with those in *Spartina* plantation to barren flats, Rudong County, Jiangsu Province

项 目 Items	测 定 时 间 Time	光 滩 Barren flats	大 米 草 滩 <i>Spartina</i> plantation
细 菌 总 数 Total numbers of bacteria	5 月份 May	8.8×10^3	810×10^3
	9 月份 Sept.	1.9×10^3	660×10^3
固 氮 细 菌 Azotobacter	1 月份 Jan.	0	3
	9 月份 Sept.	0.8×10^4	8.1×10^4

四、小 结

用稳定性碳同位素方法进行食性分析, 证实了双齿围沙蚕可以将大米草作为部分食源; 对比双齿围沙蚕在草滩和光滩的不同生境条件, 可以看出大米草为沙蚕提供了丰富的食物来源基质通透性良好等许多有利条件。沙蚕生长在大米草滩上, 它们的分泌物增加了草滩有机质。沙蚕的洞孔直接开在滩面上, 同样增加了大米草根基的通气性。因此大米草和沙蚕之间较多的显示出互利互惠的关系。由此作者联想到在大米草滩上挖掘沙蚕, 可以采取分片分段的方法, 以3—5年为一周期, 进行轮流捕挖的办法。这样一方面可使翻挖破坏了的大米草经过3—5年的“休养生息”(严重破坏地段应及时补种)得到恢复更新; 另外多年生长的大米草滩, 经挖掘翻动基质将变得更为松软和通气。因而更适宜沙蚕在此环境中栖息, 同时也防止大

米草长得过密而衰退。这确实是一条既保证沙蚕资源得到适度、持久的利用,又能防止大米草滩遭受破坏乃至毁灭厄运的两全之计。

蒋福兴 王维中

(Jiang Fu-Xing Wang Wei-Zhong)

(南京大学大米草及海滩研究所)

(Institute of *Spartina* and Tidal Land Development, Nanjing University)

黄耀生

(Huang Yao-Sheng)

(南京大学地球科学系)

(Department of Earth Sciences, Nanjing University)

赵清良

徐家铸

(Zhao Qing-Liang)

(Xu Jia-Zhu)

(南京师范大学生物系)

(Department of Biology, Nanjing Normal University)

参 考 文 献

- [1] Haines, E. B and Montague, C. L. 1979, Food sources of estuarine invertebrates analyzed using $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios, *Ecology* 60(1):48—56.
- [2] Fry, B., et.al., 1978, Grasshopper food web analysis, Use of carbon isotope ratios to examine feeding relationships among terrestrial herbivores, *Ecology* 59:498—506.
- [3] McConnaughey T. and McRoy, C.P. 1979, ^{13}C label identifies eelgrass carbon in an Alaskan estuarine food web, *Mar Biol.* 53:263—269.
- [4] Stephenson, R.L., et.al., 1984, Stable carbon isotope variability in marine macrophytes and its implications for food web studies, *Mar. Biol.* 81:223—230.
- [5] 拉里·蒂森、宋炳煜, 1988, 稳定性同位素方法在中国农学、生态学和古生态学研究中的应用前景, *中国草地* (4): 63—71.
- [6] Pinder, J. E, and Kroh G.C. 1987 Insect herbivory and photosynthetic pathways in old-field ecosystems *Ecology* 68:254—259.
- [7] 郑佩玉、范广钻, 1986, 舟山蚂蚁岛双齿围沙蚕生态的初步研究, *浙江水产学院学报* 5(1):87—91.
- [8] 童远瑞等, 1985, 大米草潮间带的动物调查, *南京大学学报(米草研究论文集)* 133—140.
- [9] 仲崇信等, 1985, 大米草引种栽培实验及其改土效果, *南京大学学报(米草研究论文集)* 44—82.
- [10] 郁文焕、曹幼琴, 1981, 大米草根际细菌的初步研究, *南京大学学报(自然科学版)* (3):365—371.
- [11] 蒋福兴等, 1987, 两种米草(叶)的分解及其营养成分的初步研究, *海洋学报* 9(3):367—372.