

## 福建罗源湾海滩互花米草盐沼中 氮、磷、钾元素分布的研究\*

钦佩 经美德 谢民

(南京大学大米草及海滩开发研究所)

**提要** 互花米草引种到福建罗源湾两年后,使海滩盐沼土有机质提高35—44%,含N量提高80%左右,总P和总K没有多大变化,速效P含量降低3.5—7%。在互花米草盐沼生态系统中,不同相中的N、P、K元素分布量的关系是:植物>土壤>海水。10月中旬采样测试表明,互花米草的含N量,地上部分高于地下部分;含P及含K量则相反。在对N、P、K的吸收、分布方面,三个生态型差异不显著。

E. P. Odum 指出,海滩植被是世界上最丰产的生态系统<sup>[4]</sup>。W. H. Queen 等报道,与大面积海滩植被区毗邻的或受其影响的河口及近海区的一些虾类、牡蛎和蛤也得到丰产<sup>[5]</sup>(海滩植被,即指以米草属植物为主的海滩盐沼植物)。我们参照美国乔治亚洲大学生态研究所对自然分布的海滩植被的研究<sup>[9]</sup>,开始研究互花米草群落学<sup>[1]</sup>和探索盐沼生态系统。本文阐述福建罗源湾海滩互花米草盐沼中营养元素的分布。

### 一、福建罗源湾可湖海滩的自然状况<sup>1)</sup>

福建罗源湾可湖海滩地处罗源湾北岸,地理座标为北纬26°34',东经119°37'。罗源县属中亚热带,年平均气温为19℃,年降雨量1651.1mm,无霜期平均为296天。每年台风平均侵袭次数为3.4次,强台风1次。可湖滩面高程为0—1.5m(黄海零点),多年来较稳定。最高潮位5.3m,最低潮位-3m(黄海潮位)。在引进互花米草之前,除了靠北的滩面自然分布有一小片红树林外,再无其它植物分布,可湖基本上是一片光滩。据作者在1982年栽草前采样

分析,可湖滩涂土壤基本属中壤,0—45cm土层的pH值平均为8.2;土壤肥力较差,0—15cm土层含有机质为1%,全N为0.05%,全P为0.10%,海水的pH值平均为8.0,总含盐量为3.09%。

### 二、试验材料和方法

1982年5月,将美国互花米草三个地理生态型(北卡罗莱纳型,简称Nc;乔治亚型,简称Ga;佛罗里达型,简称Fl)的幼苗移植于福建罗源可湖海滩,两年后总面积发展为200亩的密集草滩。1984年10月9日—15日,作者于三个生态型的草滩上,各取25×25cm<sup>2</sup>的3个样方,上采集茎叶样,下掘坑(掘深达75cm,见砂为止)采集土样和植株地下部分<sup>[1]</sup>。植株和土壤样品洗净烘干后和当时采集的海水样一道进行样品处理,然后分别测定N、P、K含量、盐分、土壤和海水的pH值,以及土壤有机质。测定方法是:用扩散吸收法测N,钼锑抗比色法测P,秋林法测土壤有机质,其余测试项目均采

\* 本文承蒙仲崇信教授审阅并指正,深表谢意。

1) 本文中引用的气象、水文资料分别由福建罗源县气象台、县水利局提供。

用 PXD-3 型数字式离子计进行测定。

### 三、试验结果

#### (一) 互花米草群落植物体中 N、P、K 的分布

三个生态型的互花米草群落植物体中 N、P、K 呈星状曲线分布, 如图 1—3 所示。对 N、P、K 在植物体不同部位的分布可称“船形”曲线。但是, N、P、K 分布的“船形”曲线各具特色。三个生态型互花米草的 N 分布曲线表明, 叶部吸收 N 最高, 占叶部干重的 0.74—0.87%, 为“船首”, 茎部至根茎属较低的“船舱”为 0.36—0.61%, 根部属略高起的“船尾”为 0.51—0.60%; 而  $P(P_2O_5)$  分布曲线根部为“船首”, 数值为 0.31—0.41%, “船尾”(在叶部)为 0.24—0.28%, 基部至根茎的“船舱”为 0.15—0.26%; K 分布曲线的“船首”(在根部)为 2.13—2.86%, 没有明显的“船尾”, 叶部数值和茎部, 根茎差不多, 都在 1.24—1.68% 之间。

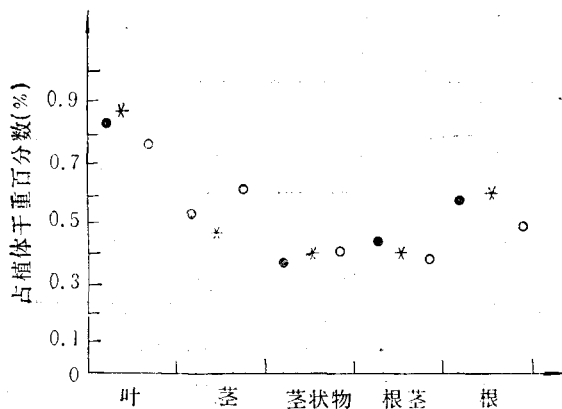


图 1 三个生态型互花米草群落植物体 N 分布的比较

● 代表 Nc 生态型, \* 代表 Ga 生态型,  
○ 代表 Fl 生态型(图 2、3 均同)

Fig. 1 Comparison of N distribution in three ecosystems of *Spartina alterniflora*

又据表 1, 将三个生态型互花米草群落植物体中 N、P、K 的分布进行三因子方差分析, 结果表明, 在对营养元素的吸收和分布方面, 三个生态型互花米草群落植物体间差异不显著。

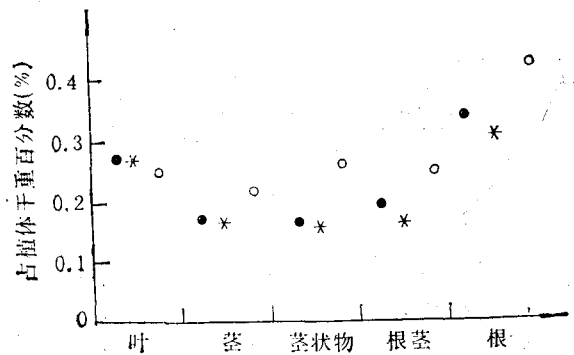


图 2 三个生态型互花米草群落植物体  $P(P_2O_5)$  分布的比较

Fig. 2 Comparison of  $P(P_2O_5)$  distribution in three ecosystems of *Spartina alterniflora*

#### (二) 互花米草盐沼土壤中 N、P、K 和有机质的分布

由表 2 得知, 三个生态型互花米草盐沼土壤中 N、P、K 的含量大致相当, 而且和对照土差异也不显著, 其平均值约在 0.09% (N)、0.10% ( $P_2O_5$ ) 和 1.23% (K) 左右。三个生态

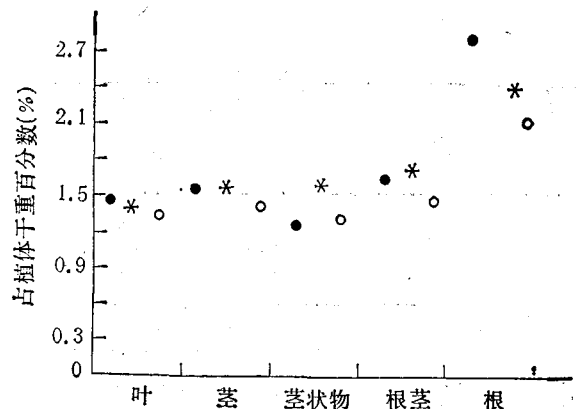


图 3 三个生态型互花米草群落植物体 K 分布的比较

Fig. 3 Comparison of K distribution in three ecosystems of *Spartina alterniflora*

型互花米草盐沼土壤中有机质的含量虽相差不大, 为 1.35—1.44% 左右, 但与对照土相比, 数值均显著超出, 后者为 1.20% 左右。此外, 由表 2 还可得出另一明显对比, 即种草后盐沼土

表 1 三个生态型互花米草群落植物体中 N, P, K 分布方差分析

Tab. 1 Variance analysis of N, P, K distribution in three ecosystems of *Spartina alterniflora*

变异来源	自由度	离均差平方和	均方	F值	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>
植株部位	4	Q <sub>A</sub> = 3.687	0.9220	105.977	2.47	3.53
营养元素	2	Q <sub>B</sub> = 49.693	24.8470	2855.977	3.10	4.85
生态型	2	Q <sub>C</sub> = 0.047	0.0235	2.701	3.10	4.85
交互作用 AB	8	Q <sub>AB</sub> = 4.987	0.6230	71.609	2.04	2.71
交互作用 AC	8	Q <sub>AC</sub> = 0.365	0.0456	5.241	2.04	2.71
交互作用 BC	4	Q <sub>BC</sub> = 0.419	0.1050	12.069	2.47	3.53
二级交互作用 ABC	16	Q <sub>ABC</sub> = 0.537	0.0336	3.862	1.76	2.21
误差	90	Q <sub>e</sub> = 0.786	0.0087			
总变异	134	Q = 60.521				

表 2 三个生态型互花米草盐沼土壤中 N, P, K 和有机质的含量(干重百分数)

Tab. 2 Contents of N, P, K and organic matter in the salt marsh soils of three ecosystems (% d. w.)

生态型	营养元素		N		P(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )		[速效 P](ppm)		K		有机质	
	X	$\bar{X}$	X	$\bar{X}$	X	$\bar{X}$	X	$\bar{X}$	X	$\bar{X}$		
Nc	0.07		0.08		68.0		2.54		1.40			
	0.10	0.09	0.11	0.10	68.6	69.2	2.46	2.48	1.41	1.44		
	0.10		0.11		71.0		2.44		1.52			
Ga	0.08		0.10		74.0		2.60		1.36			
	0.07	0.08	0.11	0.11	68.0	71.5	2.50	2.52	1.33	1.35		
	0.08		0.11		72.4		2.46		1.36			
Fl	0.07		0.10		68.0		2.42		1.37			
	0.10	0.09	0.10	0.10	68.0	69.1	2.48	2.44	1.36	1.36		
	0.10		0.11		71.4		2.44		1.35			
O(对照)	0.08		0.11		75.4		2.46		1.23			
	0.09	0.09	0.10	0.10	75.2	75.3	2.34	2.42	1.19	1.20		
	0.10		0.09		75.4		2.48		1.17			
O <sub>0</sub> (种草前本底)	0.05		0.10		74.00		2.40		1.00			

中N与有机质的含量均高于种草前海滩土壤的相应本底值,如后者含N仅为0.05%,含有机质为1%。

### (三) 互花米草群落植物体中 NaCl 的分布

由图4可直观地看出,NaCl的含量分布,以Fl生态型最高,Nc型和Ga型非常相近。其特点是,地上部分的含量高于地下部分的含量,前者平均为2.70—7.06%(Fl型茎中NaCl含量最高,为7.06%),后者平均为1.79—3.19%。表3的结果表明,在对NaCl的吸收和分布方

面,三个生态型间的差异不显著,而互花米草植物的不同部位间的差异显著。

### (四) 互花米草盐沼土壤中 NaCl 的含量和 pH 范围

由表4看出,以Nc型盐沼土NaCl含量最高,为1.72%;Ga型次之,为1.50%;Fl型最低,为1.35%,接近对照值(1.36%)。

由表5可见,Nc型、Ga型、Fl型盐沼土pH平均值分别为8.30,8.38,8.30;而对照土为8.39。

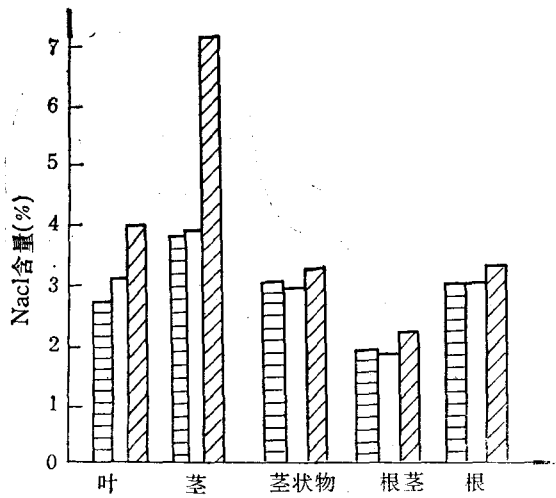


图 4 三个生态型互花米草群落植体中  $NaCl$  的含量  
Fig. 4 NaCl contents in three ecosystems of *Spartina alterniflora*

表 3 三个生态型互花米草群落植体含  $NaCl$  (平均数) 方差分析

Tab. 3 Variance analysis of  $NaCl$  (average) in three ecosystems of *Spartina alterniflora*

变异来源	自由度	离均差平方和	均方	F 值	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
植体器官间变异	4	13.34	3.34	5.76	3.84	7.01
生态型间变异	2	3.68	1.84	3.17	4.46	8.65
误差	8	4.66	0.58			
总变异	14	21.68				

表 4 三个生态型互花米草盐沼土壤中  $NaCl$  的含量(干重百分数)

Tab. 4 NaCl contents in the salt marsh soils of three ecosystems (% d. w.)

生态型	Nc	Ga	Fl	O(对照)
1	1.71	1.40	1.30	1.28
2	1.59	1.49	1.29	1.34
3	1.87	1.62	1.44	1.43
平均	1.72	1.50	1.35	1.36

#### (五) 福建罗源湾海滩海水 N、P、K 和 $NaCl$ 含量及 pH 值

从表 6 可见, 罗源湾海滩所采集的海水含 N、P、K 平均值分别为 0.44ppm、3.19ppm 和 0.88%,  $NaCl$  平均含量为 1.91%, pH 为 8.1。

表 5 三个生态型互花米草盐沼土壤的 pH 值

Tab. 5 pH in the salt marsh soils of three ecosystems

生态型	Nc	Ga	Fl	O(对照)
1	8.34	8.37	8.34	8.40
2	8.24	8.38	8.24	8.37
3	8.32	8.38	8.27	8.41
平均	8.30	8.38	8.30	8.39

表 6 福建罗源湾海滩海水 N、P、K 及  $NaCl$  含量和 pH 值

Tab. 6 Contents of N, P, K,  $NaCl$  and pH in the sea water of the tidal land, Luoyuan, Fujian

样号	N(ppm)	P(ppm)	K(%)	$NaCl$ (%)	pH
1	0.46	3.20	0.87	1.90	8.0
2	0.42	3.18	0.87	1.91	8.2
3	0.43	3.18	0.89	1.91	8.0
平均值	0.44	3.19	0.88	1.91	8.1

## 四、讨 论

### (一) 互花米草盐沼生态系统中 N、P、K 在植物体中富集

在这个系统中, 不同相中 N、P、K 分布量的关系是: 植物 > 土壤 > 海水。由于这个系统的开放性, 来自海洋和河口的钾盐和磷酸盐的供应是充足的<sup>[6]</sup>。在种草前, 光滩土壤中的含 N 量是不高的, 种草后, 由于米草根际微生物的固 N 作用<sup>[3,9]</sup>, 这个系统中的 N 预算可达到勉强平衡<sup>[4]</sup>。互花米草吸收和富集海水和沼泽土中的 N、P、K, 并通过每年至少其一半产量的分解<sup>[10]</sup>, 将大量的 N、P、K 又释放到海水和土壤中去。

### (二) 三个不同生态型的互花米草对 N、P、K 的吸收、分布差异不显著

互花米草植体中, 地上部分含 N 量高于地下部分, 而含 P 量及含 K 量, 均是地下部分高于地上部分。三种营养元素的这一分布状况, 与互花米草的生长季节是有关的。时值互花米草生长成熟阶段, P 和 K 已经较多地向地下部分转移。

统计处理表明,三个不同生态型的互花米草对 N、P、K 的吸收差异不显著, N、P、K 在三个不同生态型的互花米草中的分布差异也不显著。这与三个生态型引种到同一滩面,营养元素的供应背景完全一致有关。

### (三) 种草使海滩土壤有机质增加

由于互花米草引入罗源可湖滩面,两年多来地上部分带来的有机碎屑和地下部分死亡的根和根茎,使盐沼土壤中的有机质含量大为提高。如草滩土比对照土有机质含量高 12.5—18.3%;比种草前的光滩土高 35—44%。

### (四) 互花米草盐沼土壤中含 N 量增加

盐沼土中的含 N 量比种草前光滩土含 N 量高 80% 左右,有积极的意义;它直接增加了土壤中的有机 N;根际微生物的固 N 作用,为盐沼土壤提供了一个新的 N 源。

### (五) 互花米草盐沼土壤中速效 P 含量降低

种草后,盐沼土壤中的速效 P 含量比原光滩土降低了 3.5—7%。短时、局部(仅限于盐沼土的表层)的速效 P 含量的降低是无碍于整个系统中的 P 循环的,因为海水和沉积物间的 P 平衡恰似一个巨大的缓冲系统<sup>[7]</sup>,保证了植物对速效 P 的需求。

### (六) 互花米草盐沼土壤中 K 含量变化不大

由于 K 盐系一价金属盐,其无价态变化,极大的水溶性和海水中的高含量等特点,故使盐沼土壤中 K 含量变化不大。种草前后,其含量均在 2.4% 左右。

### (七) 互花米草盐沼生态系统中 NaCl 的流向及米草的抗性

在这个系统中,NaCl 的含量分布为:海水中,1.91%;盐沼土壤中,1.35—1.72%;米草植株中,2.8—3.9%。很显然,这一系统中的

NaCl 成份,经由海水和沉积物而进入植物体,得以一定程度的富集。另外,由于米草系泌盐植物,又可将过多的盐分泌出体表,重返入海水和沉积物中。由三个生态型互花米草植株中 NaCl 的含量和相应盐沼土壤中 NaCl 的含量可知, Nc 型米草泌盐量最大,而 F1 型泌盐量最小,结合三个生态型的其它抗盐和抗性指标的研究<sup>[1,2]</sup>,可更进一步认识到, F1 型互花米草抗性较强, Ga 型次之, Nc 型较弱。

## 参 考 文 献

- [1] 钦佩,经美德,谢民,1985。福建罗源湾海滩三个生态型互花米草 (*Spartina alterniflora*) 群落生物量的比较。南京大学学报米草研究成果论文集 226—236 页。
- [2] 钦佩,经美德,张正仁,谢民,1985。美国互花米草三个生态型的种子耐盐萌发试验。南京大学学报米草研究成果论文集 237—246 页。
- [3] 曹幼琴,付庭治等,1985。4088 菌株与互花米草 (*Spartina alterniflora*) 联合固 N 作用的初步研究。南京大学学报米草研究成果论文集 247—254 页。
- [4] Odum, E. P., 1961. The Role of Tidal Marshes in Estuarine Production. The New York State Conservationist 15(6): 12—15.
- [5] Pomeroy, L. R. and R. G. Wiegert (Ed.). 1981. The Ecology of Salt Marsh. Springer-Verlag, N. Y. PP. 3—19, 140—145, 163—177, 185—191.
- [6] Pomeroy, L. R. and L. R. Shenton, et al., 1972. Nutrient Flux in Estuaries. Nutrients and Eutrophication 1: 274—291.
- [7] Pomeroy, L. R., Smith, E. E., Grant, C. M., 1965. The Exchange of Phosphate between Estuarine Water and Sediments. Limnol. Oceanogr. 10: 167—172.
- [8] Queen, W. H., 1977. Human Uses of Salt Marshes. Chapman (Ed.) Ecosystems of the World 17 (1): 363—368.
- [9] Whitney, D. E., Woodwell, G. M. and R. W. Howarth, 1975. Nitrogen Fixation in Flax Pond. A Long Island Salt Marsh. Limnol. Oceanogr. 20: 640—643.
- [10] Whitney, D. M., Chalmers, A. G., Haines, E. B., Hanson, R. B., Pomeroy, L. R. and B. Sherr, 1981. The Cycles of Nitrogen and Phosphorus. The Ecology of Salt Marsh. 8: 167.

**DISTRIBUTION OF N, P, K IN SALT MARSH OF *SPARTINA*  
*ALTERNIFLORA* IN TIDAL LAND LUOYUAN, FUJIAN**

Qin Pei, Jing Meide, Xie Min

(*Institute of Spartina & Tidal Land Development, Nanjing Univ.*)

**Abstract**

Since *Spartina alterniflora* was transplanted in the estuary Luoyuan, Province Fujian, organic matter content has increased 35—40%, N content 80%, effective P content decreased 3.5—7%, total P and total K remained the same in the salt marsh soil. In the salt marsh ecosystem the relationship of N, P, K distributed in different phases was: plant>sediment>sea water. The leaves and shoots of *Spartina alterniflora* taken in October were richer in N content but poorer in P and K content than the roots. there was not significant difference in their absorption and distribution in three ecotypes.