

221-227

8900(4)

红海榄红树林的氮、磷积累和生物循环

尹毅 林鹏

(厦门大学生物学系, 厦门, 361005)

Q949.761.7

摘要 本文讨论广西山口英罗湾中红海榄群落的氮、磷含量及其生物循环。结果表明,红海榄群落现存量中,含氮、磷总量分别为 221.15 和 13.27g/m²。其中地上部分分别为 134.90 和 8.73g/m²;地下部分分别为 86.25 和 4.54g/m²。该群落的氮、磷元素生物循环中,年吸收量分别为 12.91 和 1.27g/m²,年存留量分别为 7.04 和 0.66g/m²,年归还量分别为 5.86 和 0.61g/m²。富集率分别为 1.11 和 1.60。群落各组分的氮含量均大于磷含量;周转期氮需 38a,比磷(22a)慢。

关键词: 红海榄, 红树林, 氮, 磷生物循环。

红树林是热带、亚热带海岸河口地区潮间带的木本植物群落^[1]。它是海岸河口生态系统的主要初级生产者,对于这些地区的渔业,水产养殖业的发展有重要的作用^[2]。因此,国内外生态学家对红树林生态系统中植物体元素的积累和归还做了不少工作^[3-5]。但是,国内过去的工作都集中于对秋茄林和海莲林的研究,而对于红海榄(*Rhizophora stylosa* Griff)群落这种支柱根特别发达的红树林类型的生态学研究尚无报道。本项工作选择红海榄群落进行了植物体中氮、磷的分布及其生物循环的研究,以揭示该群落的生物量和凋落物中氮、磷的含量及其变化规律,从而为阐明该群落作为初级生产量及其对该地区海岸河口生态系统所起的作用,为合理经营和利用红树林资源提供科学依据。

1 自然条件和样地概况

广西合浦县山口镇英罗湾位于广西的东南部(北纬 21°28', 东经 109°43')。山口镇是一个小半岛,南部沿岸海滩即为红树林分布区域。英罗湾属于北热带季风区,处于北热带区与南亚热带区的交接地带。年平均气温 22.4℃,极端最低温 -0.8℃。年降水量为 1816.5mm,多集中在 5—9 月。年平均相对湿度为 81.8%^{**}。光热资源丰富,雨量较充沛。

英罗湾红海榄红树林位于山口镇东南部海岸的中、高潮滩,在海滩外缘为秋茄(*Kandelia candel*),桐花树(*Aegiceras corniculatum*)混交群落,周围有散生的白骨壤(*Avicennia marina*),内围地段为带状的木榄(*Bruguiera gymnorrhiza*)小群落。样地选择在中内滩的红海榄纯林,经常可受潮汐浸润。

红海榄树高约 6m,胸径 5—11cm,支柱根极为发达,高达 60—90cm,平均每株约 15 条。群落叶面积指数为 2.9,郁闭度 0.9,林相整齐,深绿色,群落面积为 86.667hm²。土壤为沉积土。

* 野外工作得到广西合浦林业局和山口林业站的大力帮助,深表谢忱。

本文于 1991 年 10 月 31 日收到,修改稿于 1992 年 5 月 20 日收到。

** 根据合浦县气象局的资料(1980—1989)。

无明显结构、土壤理化特性见表1。

表1 红海榄群落土壤的理化特性

Table 1 Some physical and chemical characteristics of in *R. stylosa* community

深度	Depth (cm)	0—30	30—60	60—90	90—120
盐度	Solinity (‰)	20.21	30.40	29.85	40.79
容重	Volume weight				
	(g/cm ³)	0.472	0.689	0.688	0.810
	pH	4.61	4.11	4.27	4.10
全氮	Total N (%)	0.412	0.362	0.302	0.268
全磷	Total P (%)	0.062	0.072	0.054	0.050

得干重百分率。土壤样品采集深度120cm达基本无根,其中分0—30cm,30—60cm,60—90cm,90—120cm4层。风干后磨碎,过10号筛,贮存待测。采样的同时,采用自制的一定体积容器,采土样以测定土壤的容重。

2.2 样品氮、磷含量的分析

植物样品采用灰化法,土壤样品采用高氯酸-氢氟酸处理。氮、磷含量分别采用纳氏试剂比色法^[7]和钼蓝比色法进行测定^[8]。土壤含氮量测定采用凯氏定氮法,含磷量用酸溶-钼蓝比色法^[7]。

3 结果和讨论

3.1 红海榄群落的氮、磷含量及其分布

红海榄群落各组分的氮磷含量见表2。从表2可以看出,氮、磷在各种不同器官中的分布是不同的。氮在叶、花和果等营养和生殖器官中的分布是不同的。氮在叶、花和果等营养和生殖器官中的含量较高,其中果的含氮量最高,达到2.19%。高等植物能利用无机氮,植物根系从土壤中吸收硝酸离子或铵离子,然后运输到叶中,结合成氨基酸,最后合成蛋白质^[9],因而叶和果中含氮量较高。从本实验看,地下根的含氮量并不高,可认为根吸收了无机氮后很快就输送到地上部了。含磷量最高的是幼枝,达到0.18%,花、果、叶的含量也较高。磷是原质的重要成分,它参与核苷酸和核酸的组成,因而在代谢旺盛的部位磷含量较高。支柱根的含氮量较低为0.36%,树干材的磷含量最低,仅0.01%。这与福建秋茄红树林的研究结果一致^[2]。

表2 红海榄群落各组分的氮、磷含量(% dw)

Table 2 The concentrations of N, P on the basis of dry weight percent in the different samples from *R. stylosa* community

元素	花	果	叶	多年生枝	幼枝	枯枝	树干材	树干皮	气生根	支柱根	地下根
Element	Flower	Fruit	Leaf	Perennial branch	Twig	Dead branch	Wood of trunk	Bark of trunk	Aerial root	Stilt root	Under-ground root
N	1.48	2.19	1.90	0.77	0.96	1.04	0.48	0.87	0.73	0.36	0.90
P	0.12	0.13	0.14	0.07	0.18	0.03	0.01	0.06	0.12	0.04	0.05

红海榄各组分的氮、磷含量变化呈如下顺序:

N: 果>叶>花>枯枝>幼枝>树皮>地下根>多年生枝>气生根>树干材>支柱根;

P: 幼枝>叶>果>花>气生根>多年生枝>树皮>地下根>支柱根>枯枝>树干材。

凋落物中各组分中氮、磷的含量顺序分别为:

N:花>果>叶>枝;P:果>花>叶>枝。

用15个收集网逐月收集红海榄群落1989年全年凋落物^[10],并分别各组分取样测定氮、磷含量。从该群落凋落物各组分的氮、磷含量(表3)看出氮、磷含量在凋落物不同组分中的顺序与在植活体各组分的含量顺序是不同的。存在于花、果和叶中的氮、磷,具有较易的运转能力,当枝、叶枯死时则能转移到其他部位去,所以落枝、落叶中氮、磷含量远低于活植物体中枝、叶的含量。而掉落物中的花、果并不全是枯死后掉落的,部分花是被风吹落的,而果则多是活的胚轴,是新植物体的幼苗,因此掉落物中的花果与植物体中花、果的氮、磷含量没有太大的变化,相对而言,落叶、枯枝的含量降低而变化较大。

表3 红海榄群落凋落物各组分的氮、磷含量 (% dw 1989)

Table 3 The concentrations of N,P in different samples of litter fall from *R. stylosa* community

元素 Element	落叶 Litter leaf	落花 Litter flower	落果 Litter fruit	落枝 Litter branch
N	0.96	1.18	1.11	0.91
P	0.09	0.14	0.14	0.05

最小,分别为0.03g/m²和0.003g/m²。在地上部中,支柱根虽然元素含量不高,但其生物量最大,占总生物量29158g/m²的25.28%,因此,支柱根的氮、磷积累量较大,分别达46.44g/m²和2.95g/m²;可见支柱根是红海榄的一个极为重要的组成部分,这是红海榄不同于其他红树植物的显著特点。

3.3 红海榄群落氮、磷的生物循环

3.3.1 氮、磷的循环

3.3.1.1 年存留量 年存留量是指1a内群落净累积在植物体内元素的总重量。表4为1989年红海榄群落氮、磷元素的年存留量,即由当年的干物质净增长量与相应各组分的元素含量之乘积而得。

从表4中看出,该群落氮、磷的年存留量分别为7.04g/m²和0.65g/m²;其中地下根的氮存留量最大,占总量的30.82%;幼枝的磷存留量较大,占总量的55.38%。树皮的氮存留量较小,仅占总量的4.4%;树干材的磷存留量最小,仅占总量的1.54%。从总量来看,含氮量比含磷量高出10倍以上。

3.3.1.2 年归还量 这里仅指通过凋落物1a内归还给土壤的元素重量。通过雨水淋洗和死根归还的元素量未计算在内。该群落1989年通过凋落物归还给土壤的磷总量分别为5.86g/m²和0.61g/m²(见表5),其中以落叶的归还量最大,占总归还量的87%以上。

3.2 红海榄群落的氮、磷积累量及其分布

群落现存量中各组分的重量与其相应元素含量之积,即为群落中各组分氮、磷的积累量。由图1所示,红海榄群落的氮、磷总积累量分别为221.15和13.27g/m²,分别占现存生物量的0.76%和0.046%。在红海榄群落中,地下根的氮、磷积累量最大,其中含N 86.25g/m²,P 4.5g/m²;而花的氮、磷积累量

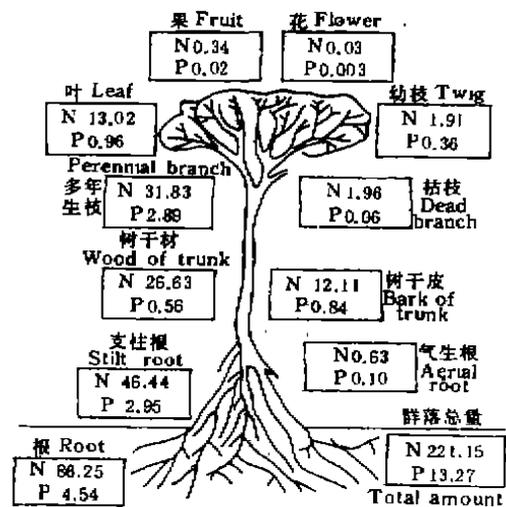


图1 红海榄群落各组分磷含量的分布(g/m²)
Fig.1 The distribution and N,P content of the fractions in *R. stylosa* community(g/m²,1989)

表 4 红海榄群落氮、磷元素的年存留量(1989)
Table 4 Yearly retention of N,P in *R. stylosa* community

组分 Fraction	幼枝 Twig	多年生枝 Perennial branch	树干材 Wood of trunk	树干皮 Bark of trunk	支柱根 Stilt root	地下根 Under-ground root	总量 Total
N 存留量							
Retention(g/m ²)	1.91	0.80	0.67	0.31	1.18	2.17	7.04
Percentage(%)	27.13	11.36	9.52	4.40	16.76	30.82	100
P 存留量							
Retention(g/m ²)	0.36	0.07	0.01	0.02	0.08	0.11	0.65
Percentage(%)	55.38	10.77	1.54	3.07	12.31	16.92	100

表 5 红海榄群落氮、磷元素的年归还量(1989)
Table 5 Yearly return of N,P in *R. stylosa* community

组分 Fraction	落叶 Litter leaf	落花 Litter flower	落果 Litter fruit	落枝 Litter branch	总量 Total
N 归还量					
Return (g/m ²)	5.126	0.266	0.233	0.238	5.863
Percentage(%)	87.43	4.56	3.97	4.06	100
P 归还量					
Return (g/m ²)	0.540	0.030	0.030	0.013	0.613
Percentage(%)	88.09	4.89	4.89	2.12	100

3.3.2.1 元素的周转期

凋落物是生物循环的重要环节,它可以作为森林植被生物量中养分循环速度的一个指标。某一元素在植物群落中的周转期为某元素在现存量中的储存量与每年凋落物中该元素重量之比。从表 7 中看到,红海榄氮、磷的周转期分别为 38a 和 22a,磷的周转比氮快。这与秋茄林^[2]的情况相反,而与海莲林相同^[4]。这是由于秋茄林为 20a 生,正值旺盛生长期,氮比磷的周转期快,而 55 龄海莲林和 64 龄红海榄林进入成熟期,相对来说,氮比磷的周转期慢。总的来看,红海榄群落的氮、磷循环比秋茄林和海莲林慢,比落叶林更慢,而与热带雨林差不多。一般来说,落叶林周转期较短,常绿林中海滩红树林的周转期短于陆生的常绿森林,而速生林短于慢生林。红海榄生长缓慢(64a 才高约 6m),因而周转期较其他红树林长;由此说明生物循环的

表 6 几种红树林的氮、磷元素循环的比较(g/m²)
Table 6 The comparison of N,P element cycling
between some mangroves

元素 Element	广西红海榄林(21°28')			福建秋茄林(24°24')			海南海莲林(19°53')		
	存留 Retention	归还 Return	吸收 Uptake	存留 Retention	归还 Return	吸收 Uptake	存留 Retention	归还 Return	吸收 Uptake
N	7.04	5.86	12.91	8.38	12.95	21.33	7.53	11.47	19.00
P	0.65	0.61	1.27	1.09	1.08	2.17	1.10	1.40	2.41
引用资料 Cited from	This paper			Lin et al(1985) ^[2]			Lin et al(1990) ^[4]		

3.3.1.3 群落内氮、磷的年吸收量及其生物循环;年吸收量为年存留量与年归还量之和^[11]。依此推算出该群落 1989 年氮、磷的总吸收量并与其他红树林比较(表 6)。从表 6 看出,该群落的氮、磷存留量稍大于归还量,比福建的秋茄林和海南的海莲林氮、磷的吸收量均少,说明红海榄林龄较大,而生长相对较为缓慢。红海榄群落的氮、磷元素的年循环见图 2。

3.3.2 红海榄群落氮、磷循环的特点

特点不仅与树种有关,也与群落的林龄有关。

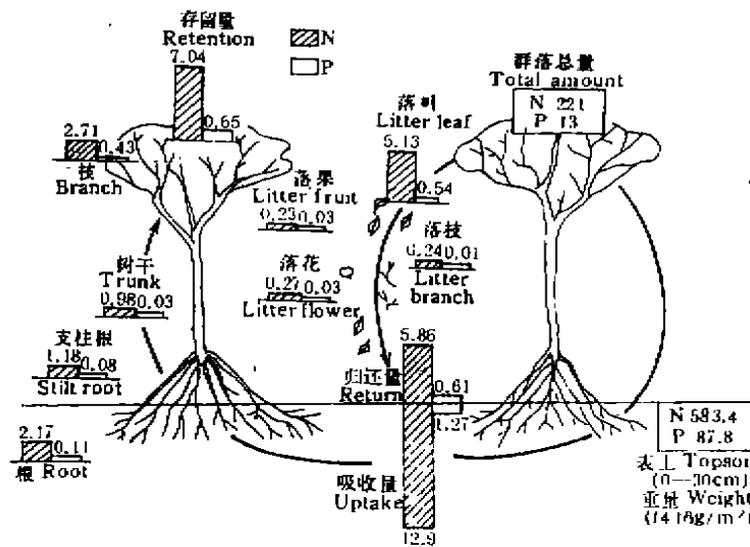


图2 红海榄群落中氮、磷元素的生物循环

Fig. 2 The biological cycle of N,P elements in *R. stylosa* community (g/m^2) (1989)

表7 几种群落氮、磷元素的周转期(a)

Table 7 Comparison on recycle period of N,P elements between some forests

类型 Type	Type	N	P	资料来源 Reference
广西红海榄林	<i>R. stylosa</i> forest, Guangxi	38	22	This paper
福建秋茄林	<i>K. candel</i> forest, Fujian	7	10	Lin et al(1985) ⁽²⁾
南海海莲林	<i>B. sexangula</i> forest, Hainan	15	12	Lin et al(1990) ⁽⁴⁾
巴拿马红树林	Panama mangroves	—	23	Golley et al(1962) ⁽¹⁾⁽²⁾
巴西热带雨林	Brazil tropical rain forest	—	25	Golley et al(1962) ⁽¹⁾⁽²⁾
泰国落叶林	Thailand deciduous forest	—	5	Golley et al(1962) ⁽¹⁾⁽²⁾

3.3.2.2 元素的流动系数 在红海榄群落的氮、磷循环过程中,可以从元素的吸收量、归还量和现存量以及表土中该元素含量之间的关系,求算出它们的吸收系数、利用系数和循环系数。从表8可以看出,氮、磷的现存总量、吸收量以及表土含量相差约10倍,但二者的循环系数则差别不大,而且磷的利用系数还大于氮。总的来看,氮的流动还是小于磷,这与上述周转期中二者的变动情况是一致的。

3.3.2.3 元素的富集率 富集率(Enrichment ratios)是指初级生产量中元素的平均浓度与群落生物量中相应元素的平均浓度的比值⁽¹³⁾。红海榄群落1989年氮、磷的富集率分别为1.11和1.60,二者均大于1,即植物体仍在不断的吸收和富集氮、磷。因而,可以认为红海榄群落仍在继续生长发展阶段。

3.3.2.4 元素的迁移 表9为根据《中国土壤》⁽¹⁴⁾一书中元素迁移的公式,求出红海榄群落的氮、磷生物吸收率、分解率和归还率并与其他群落比较的结果。从表9可看出,氮的生物吸收率和生物归还率均远高于磷,但生物分解率却小于磷,这是因为磷的移动性比氮大,容易被淋失,因而地面残留物中的磷能更快地进入再循环。与热带雨林和福建秋茄林相比,红海榄的氮、

表 8 红海榄群落氮、磷元素的利用系数,吸收系数和循环系数(1989)

Table 8 Utilization coefficient, absorption coefficient and cycling coefficient of N, P in *R. stylosa* community

项目 Item	现存总量 Standing amount(g/m ²)	吸收量 Uptake (g/m ²)	归还量 Return (g/m ²)	表土含量 Topsoil content(g/m ²)	吸收系数 Absorption ¹⁾ coefficient	利用系数 Utilization ²⁾ coefficient	循环系数 Cycling ³⁾ coefficient
N	221.5	12.91	5.86	583.39	0.024	0.058	0.454
P	13.27	1.27	0.61	87.79	0.014	0.096	0.484

1), Absorption coefficient: Ratio of element uptake amount on unit time and unit area to total amount of that element in soil (soil depth 0—30cm);

2), Utilization coefficient: Ratio of element absorption amount on unit time and unit area to total amount of that element remaining in the community;

3), Cycling coefficient: Ratio of the amount of element returned to environment to the uptake amount of that element on unit time and unit area.

表 9 几种群落中氮、磷元素的迁移和生物循环

Table 9 Biological cycle and movement of N, P elements in mangroves

项目 Item		广西红海榄林 <i>R. stylosa</i> forest, Guangxi		福建秋茄林 <i>K. candel</i> forest, Fujian		云南热带雨林 Tropical rain forest, Yunnan	
		N	P	N	P	N	P
化学组成 Chemical composition (%)	鲜叶 Fresh leaf	1.90	0.14	1.48	0.344	1.90	0.22
	凋落物 Litter fall	0.93	0.10	1.51	0.389	1.79	0.23
	残留物 Residues	1.03	0.08	1.20	0.206	1.50	0.15
	表土 Topsoil	0.41	0.06	0.34	0.115	0.28	0.06
生物吸收率 Biological absorption ratios(BAR)		462	232	553	299	679	353
生物分解率 Biological decomposition ratio(BDR)		184	185	157	167	127	147
生物归还率 Biological return ratio(BRR)		250	126	353	179	536	242
资料来源 Cited from		This paper		Lin et al(1985) ⁽²⁾		Nanjing Institute of soil(1974) ⁽¹⁴⁾	

$$\text{BAR} = \frac{\text{Chemical composition of fresh leaf}}{\text{Chemical composition of topsoil}} \times 100$$

$$\text{BRR} = \frac{\text{Chemical composition of residues}}{\text{Chemical composition of topsoil}} \times 100$$

$$\text{BDR} = \frac{\text{Chemical composition of fresh leaf}}{\text{Chemical composition of residues}} \times 100$$

磷生物吸收率和生物归还率均较低。红树林生长于盐渍生境,经常受海潮的浸润,残留物中的氮、磷易被海水淋失。滩面干湿交替,枯枝落叶易于被微生物分解,因而红树林的氮、磷生物分解率就会高于热带雨林。红海榄与秋茄两种红树林相比,由于前者位于北纬 21°28',而后者位于北纬 24°24',红海榄所处的温度条件较高,因而地面残留物的分解也较快。

参 考 文 献

- (1)林 鹏. 中国东南部海岸红树林的类群及其分布. 生态学报, 1981, 1(3): 283—290
- (2)林 鹏, 林光辉. 九龙江口红树林研究, IV 秋茄群落的氮、磷的累积和循环. 植物生态学与地植物学丛刊, 1985, 9(1): 21—31
- (3)连玉武, 林 鹏. 海南东寨港海莲群落氮元素的累积与生物循环. 厦门大学学报(自然科学版), 1987, 26(3): 359—369
- (4)林 鹏, 吴新华. 海莲红树林氮、磷的累积和循环. 厦门大学学报(自然科学版), 1990, 29(4): 463—467
- (5)Lin P. Biomass and element cycle of *Kandelia* forest, China. *Wuhan Bot. Res.*, 1989, 7(3): 251—257
- (6)林 鹏, 尹 毅, 卢昌义. 广西红海榄群落的生物量和生产力. 厦门大学学报(自然科学版), 1992, 31(2): 198—201
- (7)华南热带作物研究院. 用比色法测定橡胶叶片氮含量. 热带作物科技通讯, 1974, (5): 12—13
- (8)中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1978, 62—272
- (9)拉夏埃尔. 1975. 李博等译. 植物生理生态学. 北京: 科学出版社, 1985, 50—150

- (10) 尹毅, 林鹏. 广西英罗湾红海榄群落凋落物研究. 广西植物, 1991, 12(4): 359—363
- (11) Twilley R R et al. Litter production and turnover in basin mangrove forest in Southwest Florida. *Ecology*, 1986, 67(13): 670—683
- (12) Golley F B et al. The structure and metabolism of a Puerto Rican red mangroves forest in May. *Ecology*, 1962, 43(1): 9—19
- (13) Woodwell G M et al. Nutrient concentration in plant in Brookhaven Oakpine forest. *Ecology*, 1975, 56(2): 318—332
- (14) 中国科学院南京土壤研究所. 中国土壤. 北京: 科学出版社, 1974, 499—500

THE ACCUMULATION AND BIOLOGICAL CYCLE OF NITROGEN AND PHOSPHORUS ELEMENTS IN RHIZOPHORA STYLOSA COMMUNITY, GUANGXI

Yin Yi Lin Peng

(Department of Biology, Xiamen University, Xiamen, 361005)

In this paper the accumulation and biological cycle of N and P elements of *Rhizophora stylosa* community in Yinluo Bay Guangxi, have been studied.

It is measured that the amounts of N and P in the standing crop of this community were 221.15g/m² and 13.27g/m², of which the amounts of the two elements in biomass above ground were N 134.90g/m² and P 8.73g/m² and in the biomass under ground were N: 86.25g/m² and P 4.54g/m², respectively.

In the biological cycle of N and P of this stand, the annual uptake was N 12.91g/m² and P 1.27g/m², and the retention was N 7.04g/m² and P 0.65g/m², and the return was N: 5.86g/m² and P 0.61g/m², respectively.

The enrichment ratios of this community were 1.11 for N and 1.60 for P. The speed of N recycling period (38 years) is lower than that of P (22 years).

Key words: mangroves, *Rhizophora stylosa*, N and P biological cycle and accumulation.