

香港桃金娘群落植物的养分分配、 季节动态和生物循环*

管东生

(中山大学环境科学系 广州 510275)

摘要 研究香港桃金娘灌木林中植物的N、P、K养分,结果表明,(1)生物量和养分贮量的分配格局明显不同。桃金娘茎和枝的生物量占地上部生物量的66.3%,其N、P、K贮量分别只占地上部N、P、K贮量的38.0%、37.6%和51.6%;叶子的生物量占地上部生物量的18.9%,其N、P、K贮量却分别占39.9%、35.4%和28.0%。(2)常绿的桃金娘叶子终年保持相对高的养分贮量;花和果的养分贮量则存在有规律的季节变化,从4月到7月其养分贮量迅速增加,9月之后则突然下降。(3)群落净第一性生产量中的N、P、K量分别为6844、472和4379mg/m²·a,对于桃金娘来说,叶子的净第一性生产量最大,所占的养分贮量也最大;花和果的净第一性生产量最小,却占净生产量中养分的第二位。(4)凋落物归还的N、P、K养分贮量分别为2815、164和892mg/m²·a,地上部净第一性生产中所需N、P的44.7%、50.8%来自养分的内部循环。

关键词: 植物养分(N、P、K),分配,季节动态,生物循环,桃金娘灌木林。

THE DISTRIBUTION, SEASONAL DYNAMICS AND BIOLOGICAL CYCLING OF PLANT NUTRIENTS IN *RHODOMYRTUS TOMENTOSA* SHRUBLAND OF HONG KONG

Guan Dongsheng

(Department of Environmental Science, Zhongshan University, Guangzhou, 510275, China)

Abstract The N, P, K nutrients of plant in *Rhodomyrtus tomentosa* shrubland of Hong Kong have been studied and the results show that: (1) The resource distribution patterns of phytomass and nutrients were significantly different. Although the stems and branches of *R. tomentosa* comprised 66.3% of above-ground phytomass, they contained only 38.0%, 37.6% and 51.6% of N, P, K, respectively. Conversely, the foliage which comprised only 18.9% of the phytomass had 39.9% of the N, 35.4% of the P and 28.0% of the K. (2) Evergreen *R. tomentosa* moved N, P, K into new foliage gradually throughout the growing season. There remained a relatively large amount of nutrients in the leaves throughout the year. In contrast to foliage, the contents of N, P and K of reproductive structures increased relatively fast from April to July and declined suddenly after September. (3) For *R. tomentosa*, the largest fractions of major nutrients in net primary production (NPP) went into fo-

* 美国洛克菲勒兄弟基金会资助项目。
收稿日期:1996-03-27,修改稿收到日期:1997-11-15。

liage which made up the largest NPP of the components. However, the second largest fractions of nutrients in NPP went into reproductive structures although reproductive structures made up the smallest NPP. N, P, K mass in NPP of shrubland were respectively 6844, 472 and 4379 mg/m² a. (4) On average for two years, the return of N, P, K by litter-fall was respectively 2815, 164 and 892 mg/m² a. 44.7% and 50.8% of the N and P requirement in above-ground NPP came from internal cycling.

Key words: nutrients of plant (N, P, K), distribution, seasonal dynamics, biological cycling, *Rhodomyrtus tomentosa*.

桃金娘(*Rhodomyrtus tomentosa*)灌丛是华南山坡地森林破坏后形成的次生植物群落。因为它是华南山地丘陵次生草地向森林群落演替的一个过渡类型,所以它有不同于森林和草地的生物地球化学特征。但是,目前仍未见到华南这类次生灌木林的植物养分的有关报道。在其他热带、亚热带地区次生灌木林的有关研究也非常贫乏^[1]。N、P、K是植物的主要营养元素,对桃金娘群落中植物的这些元素的分配、季节动态和生物循环的研究,将有助于对华南次生灌木生态系统功能的了解,为华南山坡地的管理利用提供合理依据。

1 研究地概况

研究地位于香港新界观音山。地处季风气候,年平均温度为22.8℃,年平均湿度为78%,年平均降雨量为2214mm,干湿季明显,降雨主要集中于4~9月。样地海拔高度约为220~290m,坡度在35~45°之间。土壤为赤红壤,土壤剖面(0~60cm)的pH值为4.4~4.7,有机质为3.85%~9.30%,总N为0.144%~0.238%,总P为0.202%~0.219%,交换性K为14~30μg/g。桃金娘是群落中唯一的优势种,占群落生物量和净第一性生产量的80%以上。其他植物还有野牡丹(*Melastoma candidum*),山芝麻(*Helicteres angustifolia*),鸭嘴草(*Ischaemum* spp.)等。

2 材料和测定方法

群落生物量采用收获法。在研究的两年期间,生物量测定包括:①利用随机层次法每月收获桃金娘10株茎的地上部物质,并测定桃金娘茎的高度和10cm高的直径;②随机选择8个1m×1m样方,分别收获其地上部、地下部和死地被层物质;③每年选择草本植物生物量最大的季节(9月底),分别随机收获8个1m×1m样方中草本植物地上部物质;④利用随机设置的10个32cm×32cm的凋落物收集器,每隔半个月(雨季)或每个月(旱季)定期收回所有的凋落物。

将收获的物质尽快带回实验室,在室内把地上部分物质分为:①木本植物的叶、茎、花、果和枯死物质;②草本植物的活体(绿色)和死体(黄色)两部分。地下部分物质分为桃金娘、其他木本植物和草本植物,回收的凋落物分为叶、枝、花、果和其他物质。

利用收获法测定植物群落净第一性生产量的基本关系式为:

$$Pn = \Delta B + L + G$$

式中, ΔB 为生物量增量; L 为一年内植物死亡、脱落及分解损失; G 为1年内被草食动物啃食损失量(本文省略)。详细的估算方法已有另文描述^[2]。

用来进行化学分析的样品先置于烘箱中用105℃杀青,然后用70℃烘干。化学元素的测定,氮用凯氏法,磷用钼兰比色法,钾用原子吸收光谱法^[2]。

3 结果与分析

3.1 群落中植物的养分分配

植物的养分贮量与植物组织的养分浓度和它的生物量有关。由于不同器官的养分浓度差别较大,桃金

1)管东生,香港桃金娘群落的生物量和净第一性生产量,植物生态学报,待发表。

娘地上部的N、P、K贮量分配不同于它的生物量分配(表1)。虽然茎和枝的生物量占地上部生物量的66.3%,其N、P、K贮量分别只占地上部N、P、K贮量的38.0%、37.6%和51.6%。叶子的生物量只占地上部生物量的18.9%,它的N、P、K贮量却分别占地上部N、P、K贮量的39.9%、35.4%和28.0%。此外,花和果所占的N、P、K贮量比例也明显高于其生物量比例。

表1 桃金娘地上部株平均生物量和养分贮量的分配

Table 1 The distribution of mean phytomass (g/shoot) and nutrient contents (mg/shoot) of above-ground shoots for *R. tomentosa*

组分 Components	生物量 Phytomass(g/株)	N	P	K
叶 Foliage	27(18.9)*	250(39.9)	16(35.4)	119(28.0)
茎+枝 Stems and branches	95(66.3)	238(38.0)	17(37.6)	219(51.6)
花+果** Flowers and fruits	13(5.7)	111(4.4)	11(24.3)	84(19.8)
立枯体 Standing dead	8.2(9.1)	28(17.7)	1.2(2.7)	2.7(0.6)
总量 Total	143.2(100)	627(100)	45.2(100)	424.7(100)

* 括号内的数字为组分的百分率, Percentage of the components are given in parentheses.

** 花和果的生物量和养分贮量为最大生物量时期(7月)两年的平均值, Phytomass and nutrient contents of flowers and fruits is mean of peak values for two years.

表2 桃金娘群落生物量和养分贮量的分配

Table 2 The distribution of phytomass and nutrient contents in the *R. tomentosa* shrubland

项目 Item	组分 Component	地上部 Above-ground	地下部 Below-ground	总量 Total
生物量 Phytomass (g/m ²)	桃金娘 <i>R. tomentosa</i>	1327	1158	2485
	其他木本植物 Other woody plants	201	235	436
	草本植物 Herbaceous plants	25	15	40
	立枯体 Standing dead	175		175
	死地被物 Litter	511		511
	合计 Total	2239	1408	3647
N (mg/m ²)	桃金娘 <i>R. tomentosa</i>	5424(4.09)*	3161(2.73)	8585(3.45)
	其他木本植物 Other woody plants	1049(5.00)	891(3.79)	1940(4.36)
	草本植物 Herbaceous plants	218(8.27)	66(4.40)	284(7.10)
	立枯体 Standing dead	922(5.27)		922(5.27)
	死地被物 Litter	3199(6.26)		3199(6.26)
	合计 Total	10812(4.81)	4118(2.92)	14930(4.08)
P (mg/m ²)	桃金娘 <i>R. tomentosa</i>	306(0.23)	232(0.20)	538(0.22)
	其他木本植物 Other woody plants	76(0.36)	70(0.30)	146(0.33)
	草本植物 Herbaceous plants	16(0.64)	6(0.40)	22(0.55)
	立枯体 Standing dead	51(0.29)		51(0.29)
	死地被物 Litter	112(0.22)		112(0.22)
	合计 Total	561(0.25)	308(0.22)	869(0.24)
K (mg/m ²)	桃金娘 <i>R. tomentosa</i>	4468(3.37)	2339(2.02)	6807(2.74)
	其他木本植物 Other woody plants	994(4.37)	850(3.62)	1844(4.14)
	草本植物 Herbaceous plants	240(9.60)	44(2.93)	284(7.10)
	立枯体 Standing dead	142(0.81)		142(0.81)
	死地被物 Litter	398(0.78)		398(0.78)
	合计 Total	6242(2.78)	3233(2.30)	9475(2.59)

* 括号内的数字为植物的养分浓度(mg/g), Nutrient concentrations (mg/g) of the plants are given in parentheses.

但是在生物量的差别明显大于养分浓度差别的情况下,植物的生物量对其养分贮量起决定性作用(表2)。例如,表2中地上部各组分的N、P浓度差别相对较小,其贮量排列顺序与生物量相同,但K的排列顺序则与生物量不同。由于K是较活跃的元素,在植物枯死过程中,植物体中大量的K会随雨水的淋溶渗透损失^[3,4]。所以立枯体和死地被物的K浓度明显低于活植物物质,从而使其贮量所占的比例大大降低。

3.2 桃金娘种群叶和花、果养分的季节动态

桃金娘叶子N、P、K贮量的季节变化与叶子生物量的季节变化格局相似,其养分贮量的峰值与生物量峰值一致(图1)。在研究期间,桃金娘叶子的N、P、K贮量不断地变化,其波动范围分别为1206~3156mg/m², 74~195mg/m²和657~1455mg/m²。常绿的桃金娘整年都保持相对高的叶子养分含量,这表明桃金娘叶也象茎、枝和根一样是储存养分过冬的重要器官。

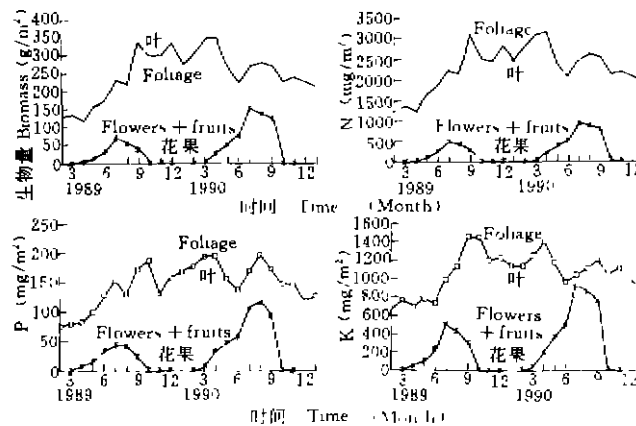


图1 桃金娘叶和花果的生物量和N、P、K贮量的季节动态

(其值为每月收获的株平均生物量或N、P、K养分贮量乘以林分密度8.38株/m²)

Fig. 1 Seasonal dynamics of phytomass and N, P, K contents in foliage and flowers + fruits of *R. tomentosa* in the shrubland

(The values are calculated by mean phytomass or nutrient contents of monthly harvesting shoots multiplied by 8.38 which is average number of shoots in 1.0 m².)

与叶子的情况不同,桃金娘花和果的N、P、K贮量从花蕾形成(3或4月)到它的最大生物量时期(7月底)迅速增加,9月后则迅速降低。此外,桃金娘花和果的N、P、K的初始累积率大于生物量的累积率。例如,花和果的N、P、K贮量在1989年和1990年5月分别达到最大贮量的25.7%, 34.9%, 22.4%和42.6%, 41.0%, 39.7%,这时它的生物量只达峰值的19.7%和35.9%。

与生物量变化格局相同,桃金娘叶子的养分贮量在花和果养分贮量低的1989年倾向于增加,而在花和果养分贮量高的1990年则倾向于降低,其原因可能是由于在1990年有较多的养分从叶子输送到花和果中。

3.3 净第一性生产量中的养分

对于桃金娘来说,叶子的净第一性生产量最大,它们占的养分量也最大(表3)。但是花和果在第一性生产量中所占的养分比例与干物质分配的比例明显不同。虽然花和果占桃金娘净第一性生产量的比例最小,它却占净第一性生产量中养分的第2位。

群落净第一性生产中的N、P、K量为6844, 472和4379mg/m². a,其中桃金娘分别占75.8%, 76.3%和71.5%,其他木本植物占14.7%, 14.6%和17.2%,其余为草本植物所有。

净第一性生产量的养分浓度倒数表示单位养分所生产干物质的量,即养分利用效率^[5]。在桃金娘群落中,桃金娘比其他植物养分利用效率高。这也许是桃金娘能在群落中占优势的原因之一。另一个反映植物养分浓度特征的系数为养分富集率,即净第一性生产量的养分浓度除以生物量的养分浓度^[6],因为木质部

是生物量的主要组成部分,叶和花、果是净第一性生产量的主要组成部分,前者养分浓度低而后者高,所以养分富集率通常大于1。桃金娘的N、P、K富集率分别为1.88,2.05和1.42,此值高于29年生常绿阔叶林的N、P、K富集率(1.66,1.80,1.41)^[7]。较高的富集率表明在新生组织中有相对高的养分浓度。

3.4 养分的生物循环

由于没有测定植物地下部分的养分归还,本文只讨论地上部的养分循环情况。根据两年(1989年2月~1991年1月)的研究结果,桃金娘群落的凋落物量为477g/m²·a,相当于地上部净生产量的63.0%。凋落物中的N、P、K归还量分别为2815,164和892mg/m²·a,相当于地上部净第一性生产量中N、P、K的46.4%,39.3%和23.5%。由于在植物枯死过程中会发生养分的内部循环(由枯死部分向活组织迁移)以及雨水淋溶造成的渗滤损失,凋落物中N、P、K的归还量占地上部净第一性生产量中N、P、K的比例比干物质所占的比例低24.6%,36.1%和61.8%。

在植物的枯死过程中,通常N、P的渗滤损失较小,K的渗滤损失较大^[3,4,8]。因为本研究没有测定K的渗滤损失,所以无法估算它的内部循环。根据植物器官枯死前后的N、P贮量差异,估算得到桃金娘灌木林的地上部N、P再分配分别为2710和212mg/m²·a。这表明桃金娘灌木林地上部净第一性生产所需的N、P的44.7%,50.8%来自内部循环。

桃金娘灌木林的干物质和N的转换率明显小于其相邻地区的草地和芒萁群落,P和K则相似(表4)。养分转换率与干物质转换率的比值与归还率不同,为灌木林大于草地和芒萁群落。这反映了木本植物群落与草本植物群落养分循环的差异,3个群落元素的转换率顺序较一致,为N>P>K。这表明N循环与C循环的关系最密切。

净第一性生产量的养分需要是评价养分循环效率的一个重要指标,与草地与芒萁群落相比,桃金娘灌木林需要较多的N、P和较少的K进行物质生产。

表3 桃金娘群落净第一性生产量中的养分

Table 3 Nutrient mass in net primary production (NPP) of the *R. tomentososa* shrubland

组分 Component	净第一性生产量 (g/m ² ·a)NPP	N(mg/m ² ·a)	P(mg/m ² ·a)	K(mg/m ² ·a)
1 桃金娘 <i>R. tomentososa</i>				
叶 Foliage	358	3311(9.25)*	215(0.60)	1584(4.42)
茎+枝 Stems and branches	162	407(2.51)	29(0.18)	373(2.30)
花+果 Flowers and fruits	125	995(7.96)	81(0.65)	819(6.55)
根 Roots	175	478(2.73)	35(0.20)	354(2.02)
小计 Subtotal	820	5191(6.33)	360(0.44)	3130(3.82)
2 其他木本植物 Other woody plants				
叶 Foliage	41	601(14.50)	34(0.83)	359(8.76)
茎+枝 Stems and branches	27	136(5.02)	10(0.37)	116(4.30)
花+果 Flowers and fruits	10	86(8.62)	14(1.40)	139(13.89)
根 Roots	35	181(5.18)	11(0.32)	137(3.92)
小计 Subtotal	113	1004(8.88)	69(0.61)	751(6.65)
3 草本植物 Herbaceous plants				
地上部 Above-ground	53	532(10.04)	34(0.64)	411(7.75)
地下部 Below-ground	24	117(4.86)	9(0.38)	87(3.62)
小计 Subtotal	77	649(8.43)	43(0.56)	498(6.47)
4 群落 Community	1010	6844(6.77)	472(0.47)	4379(4.34)

* 括号内的数字为植物的养分浓度(mg/g),Nutrient concentrations (mg/g) of the plants are given in parentheses.

表4 桃金娘群落的养分循环

Table 4 Nutrient cycling in the *R. tomentosa* shrubland

项 目 Item	干物质 Dry matter (DM)	N	P	K
净第一性生产量及其养分(干物质, g/m ² ·a; 养分, mg/m ² ·a) NPP and its nutrients (g/m ² ·a for DM, mg/m ² ·a for N, P, K)	776	6068	417	3801
归还量(干物质, g/m ² ·a; 养分, mg/m ² ·a) Return (g/m ² ·a for DM, mg/m ² ·a for N, P, K)	477	2815	164	892
归还(%) Return	61.5	46.4	39.3	23.5
新吸收(mg/m ² ·a) New uptake		3358	205	
再分配(mg/m ² ·a) Redistribution		2710	212	
再分配(%) Redistribution (%)		44.7	50.8	
转换率 Turnover rate (%)				
草地 Grassland*	86	55	34	10
芒萁群落 Fernland*	66	52	31	16
桃金娘灌木林 <i>R. tomentosa</i> shrubland	28	37	37	15
养分(干物质)转换率/干物质转换率 Quotient of turnover rate divided by dry matter				
草地 Grassland*	1.00	0.64	0.40	0.12
芒萁群落 Fernland*	1.00	0.79	0.47	0.24
桃金娘灌木林 <i>R. tomentosa</i> shrubland	1.00	1.32	1.32	0.54
地上部净第一性生产的养分需要(mg/kg) Nutrient requirement in above-ground NPP				
草地 Grassland*		5063	479	7510
芒萁群落 Fernland*		6139	392	5938
桃金娘灌木林 <i>R. tomentosa</i> shrubland		7820	537	4898

* Guan Dongsheng. A study of primary productivity and nutrients in the grassland, fernland and scrubland of Hong Kong. Ph. D. Thesis. University of Hong Kong, 1993.

参 考 文 献

- 1 Smith R L. *Ecology and Field Biology*. Harper Collins publishers, New York, 1990. 741~777
- 2 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法. 北京: 科学出版社, 1983. 272~299
- 3 Gray J T. Nutrient use by evergreen and deciduous shrubs in southern California. *Journal of Ecology*, 1983, 71: 21~41
- 4 Turner J and Singer M J. Nutrient distribution and cycling in a subalpine coniferous forest ecosystem. *Journal of Applied Ecology*, 1976, 13: 295~301
- 5 管东生. 香港草地、芒萁和灌木群落的养分利用效率. 生态学杂志, 1995, 14(2): 23~26
- 6 Woodwell G M, Whittaker R H and Houghton R A. Nutrient concentration in plants in the Brookhaven oak-pine forest. *Ecology*, 1975, 56: 318~332
- 7 管东生. 流溪河水库林区森林生态系统养分的研究. 热带亚热带森林生态系统研究. 1989, 第5集, 123~134
- 8 Morton A J. Mineral nutrient pathways in a Molinetum in autumn and winter. *Journal of Ecology*, 1977, 65: 993~999