

香港草地植物氮磷钾养分的研究^{*}

管东生 陈玉娟

(中山大学环境科学系, 广州 510275)

摘要 研究香港草地植物养分的分配、季节动态、利用效率和循环。结果表明植物的养分贮量是活物质大于死物质, 地上部大于地下部。种元素的相对排列为 $K > N > P$ 。禾草植物地上部养分贮量在生长季最初几个月随生物量增加而明显增加, 到5月底接近或达到峰值, 其后直到9月一直保持较高的养分贮量, 10月以后养分贮量则开始下降。草地净第一性生产量中的 N, P, K 分别为 3 732, 380 和 5 027 $\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, 在草地植物组分中, 禾草植物养分利用效率较高, 木本植物较低。N, P, K 通过枯枝落叶的归还量分别占它们在地上部净第一性生产量中的 52.2%、29.8% 和 7.8%。而地上部净第一性生产量中的 N 和 P 的 45.0% 和 67.1% 来自养分的内部循环。

关键词 养分 (N, P, K), 分配, 季节动态, 利用效率, 香港草地

分类号 Q 948.15

在华南广大农村, 草地植物资源既是牛、羊等牲畜的重要饲料, 也是家庭薪炭燃料的重要来源。虽然华南的次生草地通常有向木本植物群落演替的趋势, 但由于经常性的人为干扰 (砍伐和火烧等), 这些草本植物群落长期以来一直处于相对稳定的状态, 是华南低山丘陵地区的一种重要的植被类型^[1]。近 10 多年来, 对华南次生草地的生产量和养分生态学研究已引起一些学者的重视。但是, 这些研究主要集中在草地的生物量和草地植物某一季节的化学成分^[2,3], 而缺乏对草地第一性生产力和养分动态的研究。本文主要在草地第一性生产力研究的基础上, 讨论香港草地植物养分的分配、季节动态、利用效率和循环。

1 样地概况

样地位于香港新界林村郊野公园。年平均温度为 22.8°C, 年平均降雨量为 2 214.3 mm, 主要集中于 4~9 月。样地土壤为赤红壤, 土壤剖面的 pH 值为 4.6~4.7, 有机质为 2.6%~5.02%, 全 N 为 0.007%~0.134%, 全 P 为 0.005%~0.057%, 交换性 K 为 18~53 $\mu\text{g}/\text{g}$ 。样地优势种为鸭嘴草 (*Ischaemum* spp.)、野古草 (*Arundinella setosa*) 和金茅 (*Eulalia speciosa*), 伴随种有扭鞘香茅 (*Cymbopogon tortilis*)、山芝麻 (*Heliceres angustifolia*)、桃

* 美国洛氏基金资助项目

收稿日期: 1996-02-12 管东生, 男, 39岁, 副教授

金娘 (*Rhodymyrtus tomentosa*) 和海金莎 (*Lygodium dichotomum*) 等.

2 研究方法

2.1 样品准备及分析方法

自1989年1月至1990年10月,利用收获法(每月底随机收获5个 1m^2 样方)测定草地植物地上部生物量. 地下部的生物量测定则利用挖掘法. 挖掘体积 $L \times W \times D$: $50\text{cm} \times 50\text{cm} \times 45\text{cm}$. 时间分别为1989年1月和9月以及1990年3月. 收获的植物样品分为两份,其中一份用 105°C 烘干,此值用来推算植物的生物量. 另一份用 70°C 烘干,然后磨碎,此样品用以进行化学分析, 70°C 烘干的植物样品比 105°C 烘干的样品大约重2%. 氮的分析用凯氏法,磷用钼蓝比色法,钾用原子吸收光谱法.

2.2 净第一性生产量的估算

因为群落中禾草植物都是春节发芽,冬季死亡,所以其地上部净生产量等于各个种最大生物量(活+当年死物质)之和. 其他草本植物的地上部净生产量则为地上部生物量最大值和最小值之差. 木本植物的地上部净生产量由部分组成:①一年中叶生物量增加的总和;②各个种当年枝和花果的最大生物量之和;③第一年和第二年的茎净生产量分别按年终茎生产量的 $1/2$ 和 $1/3$ 推算(样地在研究开始前一年曾发生火灾,所以研究的第一年末茎的生物量已累积2a,而第二年则为3a).

草本植物地下部净生产量决定于1989年9月和1990年3月的生物量之差. 木本植物地下部净生产量则根据邻近木本植物种类相似的灌木林地下部净生产量接近等于地上部茎和枝净生产量的情况^[4],假定草地木本植物地下部净生产量等于地上部茎枝的生产量.

3 结果与讨论

3.1 群落的养分分配

地上部N, P, K养分贮量(表1)的顺序为禾草植物>其他植物>立枯体>死地被物(其他植物N的情况与立枯体相似). 这一排列顺序并非与生物量排列一致. 其原因是养分贮量不但与组分的生物量有关,还与组分的养分含量有关. 由于在植物枯死过程中,植物体内的养分会发生内部迁移和雨水淋浴损失,所以立枯体和死地被物的养分含量远低于活植物的养分含量. 因此,虽然立枯体相当于其他植物生物量的2倍,其养分贮量仍低于(或相似于)其他植物的养分贮量. 这一点对于K尤其明显,说明K是生态系统中较为活跃的元素,其迁移过程不完全与植物的干物质归还过程同步.

地上部分与地下部分的养分贮量分配则与生物量分配一致. 禾草植物是地上部分大于地下部分,而其他植物则相反. 因为香港的草地常受火灾影响,对于以木本植物为主的其他植物组分来说,地下部分的生物量及其养分贮量累积的时间较长,所以其明显大于地上部分的生物量和养分贮量.

种元素的相对排列为 $K > N > P$. 这个排列与相同地区的其他植物群落不同(其他植物

群落通常为 $N > K > P^{[4,5]}$). 这是由于群落的禾草植物和灌木山芝麻的钾含量较高所致. 此外, 各个元素的相对比例在植被的不同组分有很大的差异. 例如, K 在地上部活物质的贮存量是 N 的 1.5 倍和 P 的 15.8 倍, 而在死地被物中 K 的贮量只相当于 N 的 30% 和 P 的 6.1 倍. 这是因为在植物生长、死亡过程中各种元素的迁移、累积差异所造成的植物有机物质化学成分的变化.

表 1 1989 年 9 月生物量和养分贮量的分配

组 分	生物量 ($n=5$) /g·m ⁻¹		N		P		K	
	地上部分	地下部分	地上部分	地下部分	地上部分	地下部分	地上部分	地下部分
禾草植物	316±29	250±41	1 579(5.00)*	1 132(4.53)	154(0.49)	140(0.56)	2 361(7.47)	1 024(4.10)
其他植物	57±6.7	225±45	499(8.75)	958(4.26)	39(0.68)	80(0.36)	685(12.02)	1 694(7.53)
立枯体	15±19		500(3.31)	33(0.22)		112(0.74)		
死地被物	65±7.2		308(4.74)		16(0.25)		97(1.49)	
总 量	598±48	475±70	2 886(4.90)	2 090(4.40)	242(0.41)	220(0.46)	3 255(5.35)	2 718(5.72)

* 括号内的数字为组分的养分浓度 (mg/g).

3.2 禾草植物养分的季节动态

在研究期间, 禾草植物当年生地上部活体量的变化为 34~ 316 g/m². 其 N, P, K 的贮量变化分别为 104~ 1 698 mg/m²、8~ 154 mg/m²和 262~ 3 142 mg/m² (图 1). 禾草植物通常于早春发芽, 秋季成熟, 地上部生物量从春天到秋天呈增长趋势. 其地上部养分贮量在生长季最初几个月随生物量的增加而明显增加. 但由于干物质生产率超过养分的吸收率, 禾草植物地上部养分含量随生物量增加而明显下降. 199 年 1 月刚发芽的植物体 N, P, K 含量分别为 13.24, 1.06 和 22.41 mg/g, 而在当年最大生物量出现的 9 月, 其含量分别为 4.28, 0.42 和 6.28 mg/g. 这表明禾草植物地上部 N, P, K 含量从 1 月到 9 月分别降低了大约 68%, 60% 和 72%. 此外, 在生长季最初几个月, 植物体内出现养分的超前累积, 使得地上部养分贮量比生物量先达到峰值. 在 1989 和 1990 年的 5 月, 当地上部生物量只达到其峰值的 59.2% 和 54.4% 时, 地上部养分贮量已接近或达到峰值. 5~ 9 月是禾草植物具有相对较高养分贮量的时期. 9 月之后, 由于禾草植物地上部开始衰老变黄, 所以其养分贮量开始下降, 到 12 月下降速度最快, 因为这时有大量的禾草植物死亡.

3.3 净第一性生产量中的养分

草地净第一性生产量中的 N, P, K 分别为 3 732, 380 和 5 027 mg / (m²·a) (表 2). 其中禾草类植物占群落净第一性生产量中 N, P, K 的 83.6%, 87.4% 和 82.1%; 其他草本植物只占 4.2%, 2.4% 和 1.9%; 而木本植物则占 12.2%, 10.2% 和 16.0%. 地上部 N, P, K 分别为地下部的 2.7, 2. 和 4.1 倍.

由于养分含量较高的叶、当年枝和果占草地木本植物的净第一性生产量的 87.7%, 所以木本植物净第一性生产量中的 N, P, K 含量相对较高. 净第一性生产量的养分含量的倒数表示单位养分所生产干物质的量, 即为养分利用效率^[6]. 在香港草地的植物组分中, 禾草植物的养分利用效率较高, 而木本植物养分利用效率较低. 这个结果与草地 > 灌木林 > 森林的养分利用效率的顺序相一致^[6].

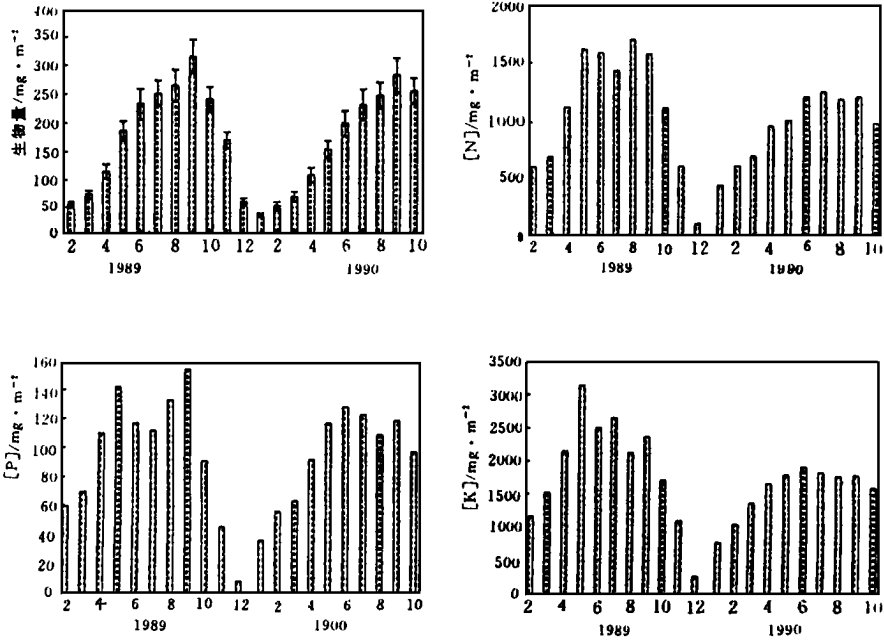


图1 禾草植物地上部生物量及养分贮量的季节动态

表2 香港草地的净第一性生产量及其养分 /mg·(m²·a)⁻¹

组 分	禾草植物				其它草本植物				群 落			
	NPP	N	P	K	NPP	N	P	K	NPP	N	P	K
地上部分	470	2 181 (4.64)*	216 (0.46)	3 234 (6.88)	12	125 (10.42)	7 (0.58)	65 (5.42)	539	2 729 (5.06)	258 (0.48)	4 048 (7.51)
地下部分	208	940 (4.52)	116 (0.56)	892 (4.29)	8	33 (4.13)	2 (0.25)	30 (3.75)	224	1 003 (4.48)	122 (0.54)	5 027 (4.37)
小 计	678	3 121 (4.60)	332 (0.49)	4 126 (6.09)	20	158 (7.90)	9 (0.45)	95 (4.75)	763	3 732 (4.89)	380 (0.50)	5 027 (6.59)

组 分	木本植物				组 分	木本植物			
	NPP	N	P	K		NPP	N	P	K
叶	30	301 (10.03)	23 (0.77)	469 (15.63)	地 下	8	30 (3.75)	4 (0.50)	57 (7.13)
当年枝+果	19	93 (4.89)	9 (0.47)	214 (11.26)	小 计	65	453 (6.97)	39 (0.60)	806 (12.40)
茎	8	29 (3.63)	3 (0.38)	66 (8.25)					

* 括号内的数字为养分含量 (mg/g).

3.4 养分循环

因为没有测定植物地下部分的养分归还,本文只讨论植物地上部分的养分循环情况.由表3可见,根据两年研究的平均结果,草地枯枝落叶的归还量为 451 g/(m²·a),占地上部净

第一性生产量的 83.7%。N, P, K 的归还量分别为 1425、7 和 316 mg / (m²·a), 占群落第一性生产量 N, P, K 的 52.2%, 29.8% 和 7.81%。由于在植物枯死过程中植物体内的养分会由枯死部分转移向周围的活组织 (即养分的再分配), 同时, 在这一期间雨水淋溶作用又造成部分养分的流失。所以, N, P, K 通过枯枝叶的归还量占第一性生产量中 N, P, K 的比例分别比干物质所占的比例低 37.6%, 64.4% 和 37.1%。

表 3 香港草地的养分循环

项 目	NPP	N	P	K	项 目	N	
NPP [‡]	539	2729	258	4048	新吸收*	1501	85
归还量*	451	1425	77	316	再分配*	1228	173
归还%	83.7	52.2	29.8	7.81	再分配%	45.0	67.1

* 单位: 净第一性生产量为 g/(m²·a), 养分为 mg/(m²·a)

在植物枯死过程中, N 和 P 的渗滤损失较少, 而 K 的损失则较大^[7]。由于本研究没有测定 K 的渗滤损失, 所以无法对 K 元素的再分配进行估算。根据地上部植物体枯死后养分的贮量差异, 本研究的结果表明, 香港草地的 N 和 P 再分配分别为 1228 和 173 mg / (m²·a), 也就是说, 草地地上部净第一性生产所需的 45.0% 和 67.1% 的 N 和 P 来自养分的内部循环。

参 考 文 献

- 1 中国植被编写组. 中国植被. 北京: 科学出版社, 1980
- 2 管东生. 热带草地的第一性生产力. 中山大学学报 (自然科学版), 1996 (增刊): 228~ 233
- 3 候学煜. 中国植被地理及优势植物化学成分. 北京: 科学出版社, 1982
- 4 Guan Dongsheng. Primary production and nutrients in a Hong Kong shrubland. *Asia Geographer*, 1994, 13 (2): 108~ 148
- 5 管东生. 香港芒萁群落养分的研究. 植物生态学报, 1996, 20 (3): 235~ 244
- 6 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
- 7 Gray, J T. Nutrient use by evergreen and deciduous shrubs in southern California. *Journal of Ecology*, 1983, 71: 21~ 41

A Study of Nitrogen, Phosphorus and Potassium of Plants in the Grassland of Hong Kong

Guan Dongsheng* Chen Yujuan

Abstract The study deals with distribution, seasonal dynamics, utilization efficiency and

* Department of Environmental Science, Zhongshan University, Guangzhou 510275

cycling of nutrients. The results show that nutrient contents in live plant materials were greater than those in dead plant materials, in above-ground part greater than those in below-ground part. Relative ranking of nutrient contents was $K > N > P$ which was different from that ($N > K > P$) of most local plant communities. The above-ground contents of N, P and K in the grasses rose as the above-ground phytomass increased in the early months of the growing season. Furthermore, concentrations of N, P and K of above-ground part were reduced due to faster increase of above-ground phytomass than the increase of nutrients in the above-ground phytomass. In addition, the above-ground contents of N, P and K of grasses reached their peak values earlier than did the above-ground phytomass. In May the above-ground contents of N, P and K were near or had reached the peak. From May to September there were relatively high contents of N, P and K in the above-ground standing crop of grasses. After September, the nutrient contents in the grasses tended to decline. The N, P and K mass in net primary production (NPP) was respectively 3732, 380 and 5027 mg / (m² · a). The largest fraction of nutrient mass in NPP went to grasses—83.6% for N, 87.3% for P and 82.1% for K. In the grassland, nutrient utilization efficiency of grasses was the greatest and that of woody plants was the smallest. The return of N, P and K by litterfall respectively comprises their 52.2%, 29.8% and 7.81% in net above-ground primary production (NAPP). N and P requirement of 45.0% and 46.6% in NAPP came from internal cycling.

Keywords nutrients (N, P, K), distribution, seasonal dynamics, utilization efficiency, grassland of Hong Kong