

# 华南地区4种林分改造树种的叶片养分季节动态

郭淑红, 薛立, 张柔, 杨振意, 刘斌, 潘澜

(华南农业大学林学院, 广东广州510642)

**摘要:**为了了解叶片养分含量的季节变化,为幼林养分管理提供参考,研究了红锥 *Castanopsis hystrix*、黎蒴 *Castanopsis fissa*、山杜英 *Elaeocarpus sylvestris* 和樟树 *Cinnamomum camphora* 幼林的叶片氮、磷、钾的季节动态。鲜叶叶面积用微电子面积测量仪测定。叶片N含量用凯氏定氮法测定,叶片P含量用酸溶-钼锑抗比色法测定,叶片K含量用原子吸收分光光度法测定。研究表明:红锥1月和4月的叶N、P含量高,4月的K含量高;黎蒴1月的叶N含量高,4月的叶P含量高,1月和4月的叶K含量高;山杜英1月的叶N和P含量高,1月和4月的叶K含量高;1月为樟树的叶N含量高峰,1月和4月的叶P含量高,4月的叶K含量高。叶片的养分含量高峰和落叶前的养分转移有关。红锥和樟树7月的叶N、P含量较低,黎蒴、山杜英和樟树7月份的叶K含量低。

**关键词:**阔叶幼林;叶片;养分;季节动态

中图分类号:S718.5

文献标志码:A

文章编号:1001-411X(2011)03-0077-05

## Leaf Nutrient Dynamics in Four Tree Species of Rehabilitated Forest in South China

GUO Shu-hong, XUE Li, ZHANG Rou, YANG Zhen-yi, LIU Bin, PAN Lan

(College of Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

**Abstract:** In order to understand seasonal changes of leaf nutrients for nutrient management of young stands, nutrient dynamics were studied in leaves of young *Castanopsis hystrix*, *Castanopsis fissa*, *Elaeocarpus sylvestris* and *Cinnamomum camphora* stands. Fresh leaf area was measured by microelectronic area gauge, N was determined by micro-Kjeldahl technique, P was analyzed colorimetrically by chloro molybdophosphonic blue colour, and K was analyzed using atomic absorption spectrophotometry. The results showed that leaf N and P contents were high in January and April, and K content was high in April for *C. hystrix*; Leaf N content was high in January, leaf P content was high in April and leaf K content was high in January and April for *C. fissa*. Leaf N and P contents were high in January and K content was high in January and April for *E. sylvestris*; Leaf N content was high in January, leaf P content was high in January and April, leaf K content was high in April for *C. camphora*. Nutrient peaks were related to nutrient translocation from old leaves before senescence and falling. Leaf N and P contents were low in July for *C. hystrix*, and *C. camphora*, and leaf K content was low in July for *C. fissa*, *E. sylvestris* and *C. camphora*.

**Key words:** young stand; leaves; nutrient; seasonal dynamics

叶片是植物体生理代谢最活跃的部位,生理活动旺盛,养分含量高,可以提供树木生长所需的养分和反映林分养分状况,是人工林养分管理的重要依据<sup>[1]</sup>,研究叶片养分含量是了解植物生长发育状况

的有效方法<sup>[2]</sup>。氮、磷、钾是植物生长和发育的3种最重要的养分,也是评价植物养分状况的重要指标。叶片成熟后,叶形和叶面积的影响较小,叶片的N和P含量变化能较好地反应其养分动态<sup>[3]</sup>。因此,常绿

收稿日期:2010-11-27

作者简介:郭淑红(1986—),女,硕士研究生;通信作者:薛立(1958—),男,教授,博士, E-mail: forxue@scau.edu.cn

基金项目:广东省林业局资助项目“林分改造优良乡土阔叶树种筛选”(F09054)

植物一般取当年生的成熟叶片进行养分分析<sup>[4]</sup>。由于叶片养分含量随季节发生变化<sup>[5-6]</sup>，研究植物的化学成分及其季节变化对揭示其营养需求有重要意义<sup>[7]</sup>，因而受到较多的关注<sup>[8-11]</sup>。

红锥 *Castanopsis hystrix*、黎蒴 *Castanopsis fissa*、山杜英 *Elaeocarpus sylvestris* 和樟树 *Cinnamomum camphora* 是我国南亚热带地区优良速生常绿阔叶树种，具有重要的生态和经济价值，经常用于林分改造，而有关这些树种叶片养分含量的季节变化鲜见报道。本研究通过对其叶片养分含量的季节变化进行比较，可以为这几种树种的养分管理提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于小坑国家森林公园(原小坑林场)，地处韶关市曲江县东南小坑镇汤湖村，在曲江、始兴、翁源3县交通要冲(113°35.5'E, 24°40.5'N)。试验地属于亚热带季风气候，年平均气温20℃，早、晚与中午温差较大，冬季最低气温4℃左右。

试验地土壤为砂页岩发育的红壤，土层较深厚。土壤容重为1.2 g·cm<sup>-3</sup>，毛管孔隙和非毛管孔隙分别为48%和8%，毛管持水量41%。土壤pH 5.2、有机质质量比为16 g·kg<sup>-1</sup>，碱解N、速效P和速效K质量比分别为81、2和22 mg·kg<sup>-1</sup>。

试验地改造前是第1代杉木林，种植密度2500株·hm<sup>-2</sup>，总面积6 hm<sup>-2</sup>。2008年3月进行林分改造，对杉木林择伐后栽种红锥、黎蒴、山杜英和樟树，栽种密度为1667株·hm<sup>-2</sup>。

### 1.2 试验材料

2008年4月在4种改造林分中部设置面积为20 m×20 m的样地，3个重复。红锥林的坡度为26°，坡向NW 25°，主要林下植物有蔓山莠竹 *Microstegium vagans* 和芒草 *Miscanthus sinensis*；黎蒴林的坡度为16°，坡向NE35°，主要林下植物有芒萁 *Dicranopteris linearis*、菝葜 *Rhizoma smilacis*、玉叶金花 *Mussaenda pubescens*、土茯苓 *Smilax glabra*、山菅兰 *Dianella ensifolia*、先锋草 *upatorium odoratum*、报春花 *Primula malacoides*、盐肤木 *Rhus chinensis*、海金沙 *Lygodium japonicum* 和蔓山莠竹；山杜英林的坡度为31°，坡向NE20°，主要林下植物为蔓山莠竹；樟树林的坡度为17°，坡向SE50°，主要林下植物为蔓山莠竹和蕨 *Pteridium aquilinu*。2008年4月对样地内的林木的直径、树高和冠幅进行调查，杉木林和4种阔叶幼林的概况见表1。

表1 林分概况

Tab.1 General characteristics of the investigated stands

树种	平均地径 <sup>1)</sup> /cm	平均树高/m	平均冠幅/m
杉木	5.88	4.59	1.47
红锥	0.41	0.51	0.27
黎蒴	0.35	0.44	0.26
山杜英	0.63	0.55	0.25
樟树	0.35	0.52	0.19

1) 杉木测的是胸径。

2008年4月(春季)、7月(夏季)、10月(秋季)、2009年1月(冬季)、4月(春季)、7月(夏季)、10月(秋季)和2010年1月(冬季)、4月(春季)采集幼林叶片(当年生成熟叶片)，进行叶面积和N、P、K含量的测定。

### 1.3 试验方法

鲜叶叶面积用微电子面积测量仪(WDY-500A, 杭州托普仪器有限公司)测定。按树种将叶片样品混合，烘至恒质量，称干质量后用粉碎机磨成粉末供化学分析用。叶片N采用浓H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>消煮、凯氏定氮法测定，消煮液同时用以测定P和K的含量，叶片P含量采用酸溶-钼锑抗比色法测定，叶片K含量采用原子吸收分光光度法测定。

单位叶面积养分含量的计算公式如下：

$$C = w \times \frac{M}{S} \times \frac{1}{100}$$

式中，C为单位面积叶片的养分质量/(g·m<sup>-2</sup>)；w为叶片养分质量比/(g·kg<sup>-1</sup>)；M为叶片干质量/g；S为叶面积/m<sup>2</sup>。

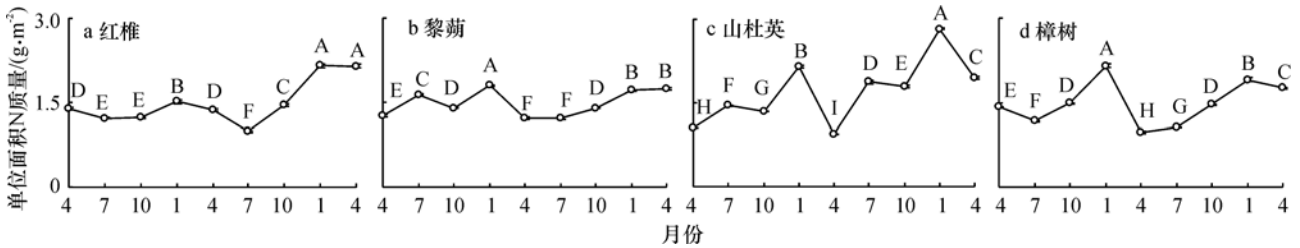
作图由Microsoft Excel完成，Duncan's多重比较和相关分析由SAS8.1软件系统完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 叶片氮含量

红锥的单位叶面积所含N的质量为0.9~2.1 g·m<sup>-2</sup>，2008年下降后保持稳定，2009年先降后升，2010年急剧上升，1月和4月显著大于其他月份(P<0.05)，其余年份的1月和4月含量较高，而7月份含量较低(图1a)。黎蒴的单位叶面积所含N质量为1.2~1.8 g·m<sup>-2</sup>，2008年先升后降再升，2009年急剧下降后缓慢上升，2010年单位叶面积所含N质量较高，并保持稳定(图1b)。山杜英单位叶面积所含N质量为0.9~2.8 g·m<sup>-2</sup>，2008年先升后降再升，2009年急剧下降后显著上升，接着略降，2010年下降，2年间呈波动上升下降趋势，并在1月出现高峰(P<0.05)(图1c)。樟树的单位叶面积所含N

质量为  $0.8 \sim 2.1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ , 2008 和 2009 年先降后升, 1 月份的含量显著大于其他月份 ( $P < 0.05$ ), 7 月份



每图曲线上, 凡有一个相同大写英文字母, 表示差异不显著 (Duncan's 多重比较,  $P > 0.05$ ).

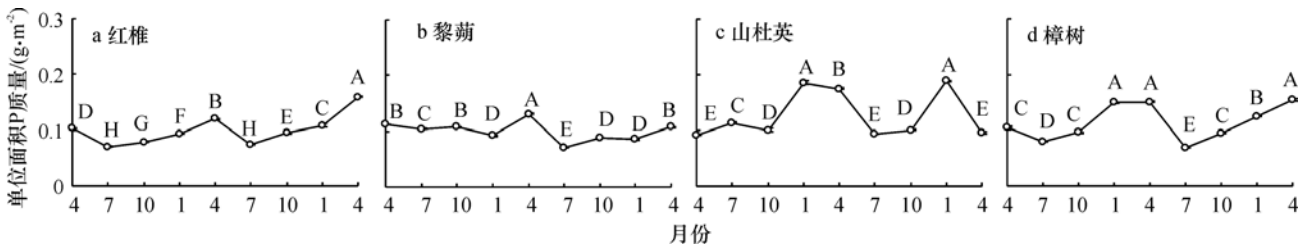
图1 各树种叶片 N 含量的季节变化(2008-04—2010-04)

Fig. 1 Seasonal change of leaf N contents of tree species(2008-04—2010-04)

### 2.2 叶片磷含量

红椎的单位叶面积所含 P 质量为  $0.07 \sim 0.16 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ , 呈“W”型变化, 2008 年下降后逐步上升, 2009 年继续上升, 然后下降, 再次上升, 2010 年急剧上升, 大于其他年份, 各年度中 4 月份的含量高, 1 月份的含量较高, 而 7 月份显著小于其他月份 (图 2a). 黎蒴单位叶面积 P 质量的范围为  $0.07 \sim 0.13 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ , 2008 年较稳定, 2009 年上升后下降, 接着上升, 2010 年上升, 总体呈现逐年下降趋势, 4 月份大

于其他月份 (图 2b). 山杜英的单位叶面积所含 P 质量为  $0.09 \sim 0.19 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ , 呈“M”型变化, 波动幅度较大, 1 月份显著大于其他月份 ( $P < 0.05$ ) (图 2c). 樟树的单位叶面积所含 P 质量为  $0.06 \sim 0.15 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ , 2008 年下降后上升, 2009 年先降后升, 2010 年急剧上升 (图 2d), 各年份中, 2009 年的 P 含量较高, 2008 年较低, 各月份中, 1 月和 4 月显著大于其他月份 ( $P < 0.05$ ), 7 月显著小于其他月份.



每图曲线上, 凡有一个相同大写英文字母, 表示差异不显著 (Duncan's 多重比较,  $P > 0.05$ ).

图2 各树种叶片 P 含量的季节变化(2008-04—2010-04)

Fig. 2 Seasonal change of leaf P contents of tree species(2008-04—2010-04)

### 2.3 叶片钾含量

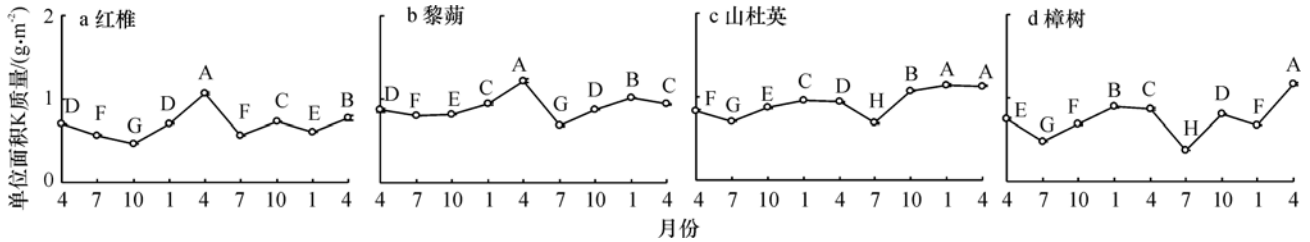
红椎的单位叶面积所含 K 质量范围为  $0.4 \sim 1.1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ , 呈“W”型变化, 2008 年先降后升, 2009 年先升后降再升, 最后下降, 2010 年显著上升 (图 3a), 2009 年的单位叶面积氮含量较高, 2008 年较低, 各年度中 4 月份显著大于其他月份 ( $P < 0.05$ ), 2008 年 10 月显著小于其他月份. 黎蒴单位叶面积所含 K 质量的范围为  $0.6 \sim 1.2 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ , 呈“M”型变化, 2008 年变化较小, 2009 年先升后降再升, 2010 年显著下降 (图 3b), 各年份中 2009 年的波动大, 各月份中 1 月和 4 月份所含 K 质量较高, 7 月份较低. 山杜英单位叶面积所含 K 质量的范围为  $0.6 \sim 1.2 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ , 2008 年和 2009 年下降后上升, 2010 年保持稳定 (图 3c), 2010 年含量高, 1 月和 4 月显著大于其他

月份 ( $P < 0.05$ ), 2008 年含量较低, 各年度中 1 月和 4 月的含量较高, 7 月显著小于其他月份 ( $P < 0.05$ ). 樟树单位叶面积所含 K 质量的范围为  $0.3 \sim 1.2 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ , 2008 年和 2009 年下降后上升, 2010 年显著上升 (图 3d). 各年份的波动大, 各年度中 4 月份的含量高, 7 月份显著小于其他月份.

### 2.4 叶片的氮、磷质量比

N 和 P 是植物生长发育过程中最重要的营养元素, N 通常是限制植物生长的因子<sup>[12]</sup>, 而南方红壤通常缺 P. 叶片的  $m(N):m(P)$  在一定程度上反映了植物的养分水平. 红椎的  $m(N):m(P)$  在 2008 年 4 月和 2010 年 4 月小于 14, 1 月和 7 月大于 16; 黎蒴的  $m(N):m(P)$  在 2008 年 4 月和 10 月小于 14, 随后多大于 16; 山杜英的  $m(N):m(P)$  在 2008 年 4 月—2009 年

4月小于14,随后多大于16;樟树的  $m(N):m(P)$  在 16(表2).  
2008年4月和2010年4月小于14,2009年7月大于



每图曲线上,凡有一个相同大写英文字母,表示差异不显著(Duncan's 多重比较,  $P > 0.05$ ).

图3 各树种叶片K含量的季节变化(2008-04—2010-04)

Fig. 3 Seasonal change of leaf K contents of tree species(2008-04—2010-04)

表2 不同幼林叶片  $m(N):m(P)$  的季节变化

Tab. 2 Seasonal change of  $m(N):m(P)$  in leaves in different young stands

林分	2008年				2009年			2010年	
	4月	7月	10月	1月	4月	7月	10月	1月	4月
红锥	13.5	17.4	15.7	16.2	14.5	19.2	15.3	19.8	13.5
黎蒴	11.2	15.6	13.1	19.5	16.1	17.1	15.8	20.1	16.2
山杜英	11.6	12.7	13.3	12.6	13.1	20.2	17.8	15.0	20.4
樟树	13.6	14.6	15.5	14.4	15.0	19.4	15.4	15.2	13.3

### 3 讨论

一般来说,叶片养分元素含量能成功地反映树体养分供应水平,但叶片养分含量受季节、树体营养平衡等多种因素制约<sup>[13]</sup>.阔叶树种在叶完全展开后,叶片形状和大小的变异非常小,叶面积大致固定,氮和磷含量下降是养分转移所引起的<sup>[14]</sup>.落叶期的养分转移被认为是物种适应贫养环境的一种重要生态策略,它是一种普遍存在的现象.叶片落叶前叶内化合物水解强烈,能在细胞中自由移动的元素如:K被移出细胞;蛋白质、核酸水解后,N和P被转移回收,其浓度大幅度下降<sup>[15]</sup>.例如Chapin等<sup>[16]</sup>研究了多种桦木 *Betula* spp. 不同时期叶中N和P的存在状态,发现核酸和磷脂在叶落前被大量水解成无机磷转移出叶,分别占到回收量的40%~47%和26%~38%,N是通过蛋白质化合物水解成氨基酸N被移出叶,占N总回收量的82%~91%.本研究中叶片N、P、K含量变化和落叶前的养分转移有关.据研究,红锥叶凋落物的一个高峰期在3月.落叶前养分转移导致1月和4月的叶片养分含量升高<sup>[17]</sup>.黎蒴、山杜英和樟树春季长新叶,促进老叶的凋落,1月到3月为凋落叶的高峰期.因此造成其1月或4月的叶片养分含量高.林木叶片在衰老过程中转移的养分可以直接供应植物的继续生长,缩短了养分的循环周期,从而减少植物对土壤养分吸收

的依赖性<sup>[6]</sup>,提高了植物养分的利用效率.雨水淋洗引起叶片养分,特别是K的损失.夏季为广东的降雨高峰期,可能造成了7月份一些树种叶片的N、P、K含量下降.

植物叶片的N、P化学计量比可以作为判断环境对植物生长的养分供应状况的指标<sup>[18-19]</sup>.依据植物鲜叶中N、P含量及N、P质量比可以推断出植物所受营养限制状况<sup>[20-21]</sup>,N、P质量比 $< 14$ ,植物生长主要受N限制;N、P质量比 $> 16$ ,植物生长主要受P限制<sup>[20]</sup>.因此,红锥的生长2008年4月和2010年4月受N限制,1月和7月受P限制;黎蒴的生长2008年4月和10月受N限制,随后受P限制;山杜英的生长2008年4月—2009年4月受N限制,随后受到P限制;樟树的生长2008年4月和2010年4月受N限制,2009年7月受到P限制.由此可见,不同树种的N和P限制与否有很大季节差异.这可能与树种的嗜肥特性、养分转移、生长速度有关.2009年7月以后,4种幼林叶片的  $m(N):m(P)$  趋于升高,特别是黎蒴和山杜英的  $m(N):m(P)$  多超过16,这表明随着幼林生长,林木对P的需求逐渐增加.除了用  $m(N):m(P)$  来表示养分限制性外,土壤的养分含量也是判断养分限制与否的指标之一.陈焕伟等<sup>[22]</sup>将速效养分分为6级.按其标准,试验林的碱解N和速效K含量为4级,属于中等水平,而速效P含量属于最低水平的6级.因此可能是幼林以后生长的限制

养分,需要及时施磷肥以促进幼林的生长. 由于幼林叶片的P含量夏季低,且林木夏季生长旺盛,春末是施磷肥的适宜时间.

#### 参考文献:

- [1] 薛立, 韦茹萍, 谭天泳, 等. 华南阔叶树种幼苗叶片的养分特征[J]. 应用生态学报, 2003, 14(11): 1820-1824.
- [2] ORGEAS J, OURCIVAL J M, BONIN G. Seasonal and spatial pattern of foliar nutrients in cork oak (*Quercus suber* L.) growing on siliceous soils in Provence (France) [J]. Plant Ecology, 2002, 164: 201-211.
- [3] BOCKHEIM J G, LEIDE J E. Foliar nutrient dynamics and nutrient use efficiency of oak and pine on a low fertility soil in Wisconsin [J]. Canadian Journal of Forest Research, 1991, 21: 925-934.
- [4] PALMER D J, LOWE D J, PAYN T W, et al. Soil and foliar phosphorus as indicators of sustainability for Pinus radiata plantation forestry in New Zealand [J]. Forest Ecology and Management, 2005, 220(1/3): 140-154.
- [5] XUE Li, LUO Shan. Seasonal changes in the nutrient concentrations of leaves and leaf litter in a young *Cryptomeria japonica* Stand [J]. Scandinavian Journal of Forest Research, 2002, 17: 495-500.
- [6] XUE Li, XU Yan, WU Min, et al. Seasonal patterns in nitrogen and phosphorus and resorption in leaves of four tree species [J]. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(3): 251-256.
- [7] 王文卿, 林鹏. 红树植物秋茄和红海榄叶片元素含量及季节动态的比较研究 [J]. 生态学报, 2001, 21(8): 1233-1238.
- [8] DUCHESNE L, OUMET R, CAMIRÉ C, et al. Seasonal nutrient transfers by foliar resorption, leaching, and litter fall in a northern hardwood forest at Lake Clair Watershed, Quebec, Canada [J]. Canadian Journal of Forest Research, 2001, 31: 333-344.
- [9] VON FRICKS Y, ERICSSON T, SENNERBY-FORSSE L. Seasonal variation of macronutrients in leaves, stems and roots of *Salix dasyclados* Wimm. grown at two nutrient levels [J]. Biomass and Bioenergy, 2001, 21: 321-334.
- [10] TEKLAY T. Seasonal dynamics in the concentrations of macronutrients and organic constituents in green and senesced leaves of three agroforestry species in southern Ethiopia [J]. Plant and Soil, 2004, 267: 297-307.
- [11] SASAKI A, NAKATSUBO T. Nitrogen and phosphorus economy of the riparian shrub *Salix gracilistyla* in western Japan [J]. Wetlands Ecology and Management, 2007, 15: 165-174.
- [12] ADRIEN C F, CHARLES D C. Sapling growth in response to light and nitrogen availability in a southern New England forest [J]. Forest Ecology and Management, 2000(131): 153-165.
- [13] WALBRIDGE M R. Phosphorus availability in acid organic soils of the lower North Carolina coastal plain [J]. Ecology, 1991, 72(6): 2083-2100.
- [14] CHAPIN F S III. The mineral nutrition of wild plants [J]. Annual Review of Ecology and Systematics, 1980, 11: 233-260.
- [15] 孙书存, 陈灵芝. 东灵山地区辽东栎叶养分的季节动态与回收效率 [J]. 植物生态学报, 2001, 25(1): 76-82.
- [16] CHAPIN F S III, MOILANEN L. Nutritional controls over nitrogen and phosphorus resorption from Alaskan birch leaves [J]. Ecology, 1991, 72: 709-715.
- [17] 卢立华, 贾宏炎, 何日明, 等. 南亚热带6种人工林凋落物的初步研究 [J]. 林业科学研究, 2008, 21(3): 346-352.
- [18] AERTS R, CHAPIN F S III. The mineral nutrition of wild plants revisited: A re-evaluation of processes and patterns [J]. Advances in Ecological Research, 2000, 30: 1-67.
- [19] GÜSEWELL S. N:P ratios in terrestrial plants: Variation and functional significance [J]. New Phytologist, 2004, 164: 243-266.
- [20] KOERSELMAN W, MEULEMAN A F M. The vegetation N:P ratio: A new tool to detect the nature of nutrient limitation [J]. Journal of Ecology, 1996, 33: 1441-1450.
- [21] TESSIER J T, RAYNAL D J. Use of nitrogen to phosphorus ratios in plant tissue as an indicator of nutrient limitation and nitrogen saturation [J]. Journal of Applied Ecology, 2003, 40: 523-534.
- [22] 陈焕伟, 张凤荣, 刘黎明, 等. 土壤资源调查 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1997.

【责任编辑 李晓卉】