

中国南方生长于不同基质的天然林植物叶片 元素含量数据集

崔培鑫¹, 曹坤芳^{1*}, 田尚青¹, 付培立², 白坤栋³, 姜艳娟²

1. 广西大学林学院, 南宁 530004;

2. 中国科学院西双版纳热带植物园, 勐腊 666303;

3. 广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所, 桂林 541006

摘要: 叶片养分元素的含量特征在植物生长和发育过程中有着重要的作用, 可以反映生长在不同基质上的植物对元素的吸收或积累状况。本研究于 2006 年 8 至 9 月, 在西双版纳采集 23 个物种; 2013 年 7 月, 在弄岗采集 40 个物种; 2015 年 8 至 9 月, 采集红树植物 12 种。在生长期采集新鲜成熟叶片将其带回实验室, 测定 N、P、K、Ca、Mg、Fe、Mn、Zn、Na 等元素含量。数据集包括: (1) 云南西双版纳绿石林森林公园 23 种植物物种名、种拉丁名及叶片元素含量; (2) 弄岗国家自然保护区 40 种植物物种名、种拉丁名及叶片元素含量; (3) 清澜港红树林自然保护区 12 种植物物种名、种拉丁名及叶片元素含量。数据集主要由 3 个数据表格组成, 格式为.xlsx, 数据量为 24 KB (压缩后 20.7 KB)。

关键词: 热带喀斯特森林; 红树林; 叶片元素含量

DOI: <https://doi.org/10.3974/geodp.2021.02.07>

CSTR: <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2021.02.07>

数据可用性声明:

本文关联实体数据集已在《全球变化数据仓储电子杂志 (中英文)》出版, 可获取:

<https://doi.org/10.3974/geodb.2021.01.17.V1> 或 <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2021.01.17.V1>.

1 前言

环境中的植物体内含有多种元素, 这些养分元素的比例构成对植物生长和发育有着重要的作用, 有机体的元素含量可以反映土壤环境中元素的丰缺状况^[1-4]。因不同生境的土壤在形成过程中有明显差异, 使植物对环境元素的积累产生差异。

喀斯特森林土壤母质为可溶性碳酸盐岩, 其石灰岩和白云岩中富含 Ca、Mg 元素, 土壤 pH 值较高, 且土层浅薄不连续, 裸岩率高, 持水能力差, 养分贫瘠, 生态环境易遭受破坏。红树林主要生长在滨海潮间带, 有些也生长在潮间带上缘, 受海水影响, 砂质的土

收稿日期: 2021-02-01; 修订日期: 2021-05-29; 出版日期: 2021-06-25

基金项目: 国家自然科学基金委员会 (31670406); 广西壮族自治区科技厅 (桂科 AB16380254, C33600992001)

*通讯作者: 曹坤芳, 广西大学林学院, kunfangcao@gxu.edu.cn

数据引用方式: [1] 崔培鑫, 曹坤芳, 田尚青等. 中国南方生长于不同基质的天然林植物叶片元素含量数据集[J]. 全球变化数据学报, 2021, 5(2): 156-161. <https://doi.org/10.3974/geodp.2021.02.07>
<https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2021.02.07>

[2] 崔培鑫, 曹坤芳, 田尚青等. 中国南方生长于不同基质的天然林植物叶片元素含量数据集[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2021. <https://doi.org/10.3974/geodb.2021.01.17.V1>.
<https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2021.01.17.V1>.

壤有盐渍化，含有呈还原态的酸性硫酸盐^[5]。

植物有机体中元素含量间具有一定比例，互有协同达到一个平衡，而某种元素的变化可能会对其它元素产生影响^[6]。本研究结合测定数据以及来自文献的一个常绿阔叶林叶片元素含量数据^[7]，对不同基质条件的 3 种生境的植物叶片养分含量进行比较分析，回答以下问题：（1）各生境植物对哪些营养元素存在富集或缺乏状况？（2）不同生境植物叶片养分计量关系具有什么样的差异？研究结果对于森林生态系统的生物地球化学循环模拟和生态系统管理有重要参考意义。

2 数据集元数据简介

《中国南方生长于不同基质的天然林植物叶片元素含量数据集》^[8]的名称、作者、地理区域、数据年代、数据格式、数据量、数据集组成、数据出版与共享服务平台、数据共享政策等信息见表 1。

表 1 《中国南方生长于不同基质的天然林植物叶片元素含量数据集》元数据简表

| 条 目 | 描 述 |
|-----------|---|
| 数据集名称 | 中国南方生长于不同基质的天然林植物叶片元素含量数据集 |
| 数据集短名 | FoliarElementSouthernChina |
| 作者信息 | 崔培鑫，广西大学林学院，870925644@qq.com 曹坤芳，广西大学林学院，kunfangcao@gxu.edu.cn 田尚青，广西大学林学院，869899632@qq.com 付培立，中国科学院西双版纳热带植物园，fpl@xtbg.org.cn 白坤栋，广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所，bkd008@126.com 姜艳娟，中国科学院西双版纳热带植物园，jyj@xtbg.org.cn |
| 地理区域 | 云南西双版纳绿石林森林公园，101°16'53.54"E，21°54'43.39"N；广西弄岗国家级自然保护区，106°42' 28" E-107°04'54"E，22°13' 56" N-22°39'09"N；海南清澜港红树林自然保护区，110°30'E-110°02'E，19°15'N-20°09'N |
| 数据年代 | 2006、2013、2015 |
| 数据格式 | .xlsx 数据量 24 KB |
| 数据集组成 | 数据集由 1 个压缩数据文件包组成，内含 3 个 Excel 数据工作表，内容分别为：西双版纳喀斯特森林植物叶片元素含量，弄岗喀斯特森林植物叶片元素含量，清澜港红树林植物叶片元素含量 |
| 基金项目 | 国家自然科学基金（31670406）；广西壮族自治区科技厅（AB16380254，C33600992001） |
| 出版与共享服务平台 | 全球变化科学研究数据出版系统 http://www.geodoi.ac.cn |
| 地址 | 北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101，中国科学院地理科学与资源研究所 |
| 数据共享政策 | 全球变化科学研究数据出版系统的“数据”包括元数据（中英文）、通过《全球变化数据仓储电子杂志（中英文）》发表的实体数据集和通过《全球变化数据学报（中英文）》发表的数据论文。其共享政策如下：（1）“数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放，用户免费浏览、免费下载；（2）最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源；（3）增值服务用户或以任何形式散发和传播（包括通过计算机服务器）“数据”的用户需要与《全球变化数据学报（中英文）》编辑部签署书面协议，获得许可；（4）摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10%引用原则，即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%，同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 ^[9] |
| 数据和论文检索系统 | DOI, CSTR, Crossref, DCI, CSCD, CNKI, SciEngine, WDS/ISC, GEOSS |

3 数据研发方法

3.1 采集与测定

本研究选取了云南西双版纳热带植物园绿石林森林公园的 18 个科的 23 个物种，广西弄岗自然保护区的 17 个科的 40 个物种，海南清澜港红树林自然保护区红树 8 个科的 12 个物种。

采集新鲜成熟叶片，将叶片洗净、晾干，100℃杀青后，烘干至恒重，用自动球磨机研磨粉碎过 60 目筛保存备用。样品粉末通过 $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$ 消煮，盐酸酸解，过滤，用感应耦合等离子发射光谱仪（ICP AES-iCAP6300, Thermo Fisher Scientific, MA, USA）测定 P、K、Ca、Mg、S、Fe、Mn、B、Zn 和 Na 元素含量。而 Si 的测定采用质量法，酸解过滤后，滤纸连同残渣一起放入坩埚中 105℃烘干，然后移入高温炉中 800℃灼烧，冷却称重。

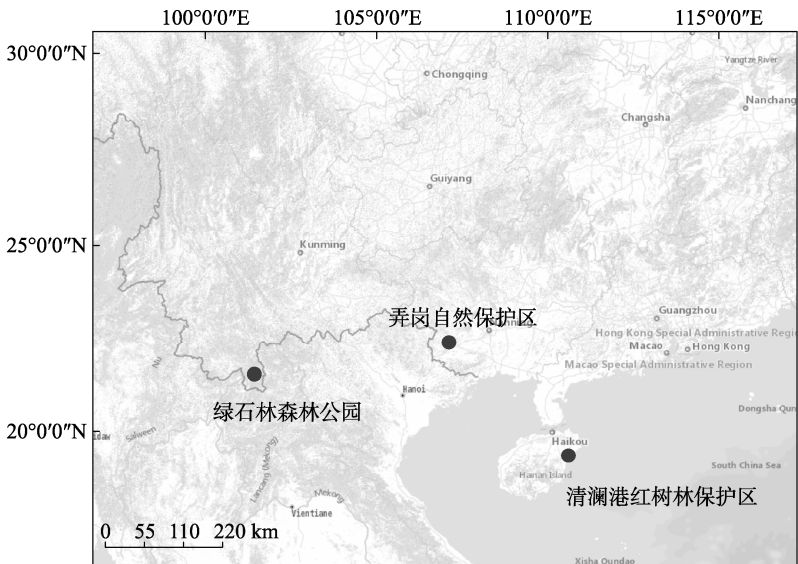


图 1 研究地点地理位置图

3.2 数据统计分析

实验数据的统计分析采用 IBM SPSS Statistics 20 软件。用 One-Sample t Test 来分析植物叶片各元素与 N 的比值和全国水平^[10]之间有无显著性差异，C、Zn、B、Cu 元素与 N 的计量比数据使用陆生高等植物需求浓度的数据^[11]。数据进行相关性统计分析时进行了以 10 为底的对数转换，以改善正态性。

3.3 技术路线

中国南方生长于不同基质的天然林植物叶片元素含量数据集研发流程见图 2。

4 数据结果

4.1 数据集组成

数据集由 1 个压缩数据文件包组成，内含 3 个 Excel 数据表格：

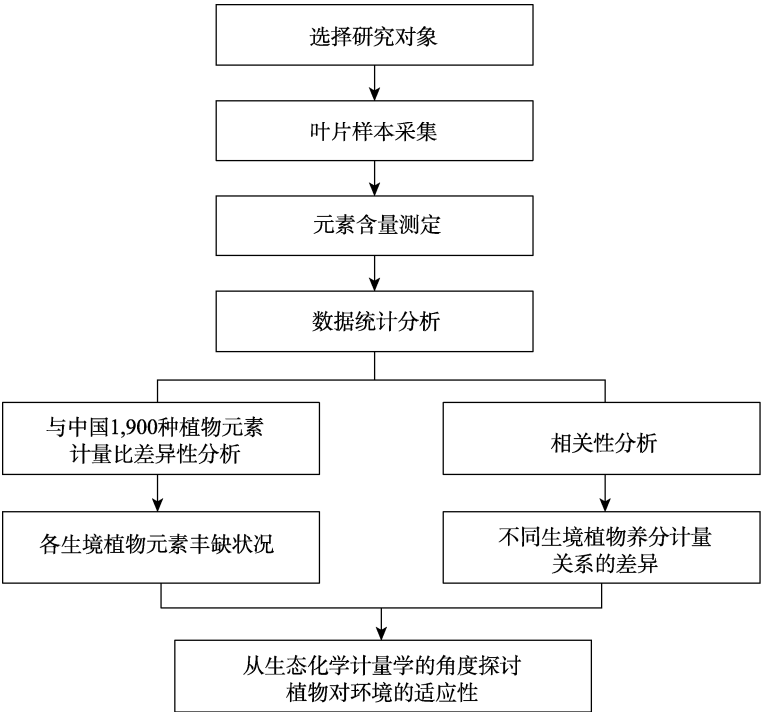


图 2 中国南方生长于不同基质的天然林植物叶片元素含量数据集技术路线图

- (1) 西双版纳绿石林森林公园植物叶片元素含量数据表格，包含 C、N、P、K、Ca、Mg、Fe、Mn、Na、Zn、B 元素，格式为.xlsx，数据量为 13 KB；
- (2) 弄岗国家自然保护区植物叶片元素含量数据表格，包含 N、P、K、Ca、Mg、Fe、S、Cu、Zn 元素，格式为.xlsx，数据量为 14 KB；
- (3) 清澜港红树林自然保护区植物叶片元素含量数据表格，包含 C、N、P、K、Ca、Mg、Fe、Mn、Na、Zn、S、Si 元素，格式为.xlsx，数据量为 11 KB。

4.2 数据结果

结合本研究测定数据与来自文献的常绿阔叶林植物叶片元素含量数据^[7]进行比较分析，不同生境植物叶片元素含量及与 N 比值的百分比表格见文献[12]。研究结果如下：

西双版纳和弄岗喀斯特森林植物叶片普遍富含 Ca、Mg 元素，因岩性差异，含有一定白云岩的弄岗地区的植物富集更多的 Mg。西双版纳喀斯特森林存在 K、Fe、Na、Zn 元素的缺乏状况；由于白云岩矿物成分的特殊性和缓慢的风化速度，弄岗喀斯特植物有更高的叶片 K、Zn、S 含量。红树林植物富集 P、Ca、Mg、Na、S 元素，海水环境中大量的离子进入土壤被植物吸收利用，提高了红树的养分含量，并且在高盐环境下 Na 在叶片中大量富集。红树植物表现出 Fe、Si、Zn 的缺乏状况。亚热带常绿阔叶林植物受酸性土影响大，Mn 元素大量富集，P 与 Na 的含量缺乏，并且相比其他生境，常绿阔叶林的 N、P、Ca、Mg 含量较低。西双版纳和弄岗的喀斯特森林植物叶片 N/P 比分别为 14.27 和 18.26，说明前者受到 N、P 的共同限制，后者主要为 P 限制；红树植物 N/P 比为 13.12，受 N 限制；常绿阔叶林植物本身严重缺 P，N/P 比为 26.27，表现出明显的 P 限制。

由表 2 可知，所研究的不同基质上的植物，叶片 N 与 P 元素之间均呈显著正相关，这种稳定的协同关系是植物适应环境的普遍规律。Ca 与 Mg 两个二价阳离子元素在喀斯特森林和常绿阔叶林中为正相关关系，而在红树林中则不存在相关性，分析表明 Na 盐胁迫下增加了 Mg 的吸收，改变了 Ca、Mg 的平衡关系。N 与 K 元素在红树林和常绿阔叶林中为协同关系，而由于喀斯特环境中 Ca、Mg 协同影响了 K 的吸收，改变了 N、K 的协同关系。P 与 Zn 在喀斯特森林和红树林中都表现出协同关系，这与两种元素在植物代谢过程中都参与了酶的合成有关。红树植物表现 K 和 Mn 的拮抗关系，而在喀斯特森林和常绿阔叶林中均未有相关性。S 与 P 元素在弄岗喀斯特森林中表现出正相关，这种协同性可以帮助喀斯特植物缓解缺 P 的症状，而在高 P 的红树植物中没有相关性。

表 2 不同生境植物元素含量相关性

| 相关性元素 | 生境 | 拟合方程 | R^2 |
|-------|-----------|-------------------------|---------|
| N-P | 西双版纳喀斯特森林 | $y = 0.7157x - 0.7573$ | 0.450,6 |
| | 弄岗喀斯特森林 | $y = 1.1043x - 1.3841$ | 0.638,9 |
| | 红树林 | $y = 0.8973x - 0.978$ | 0.598,6 |
| | 常绿阔叶林 | $y = 1.3318x - 1.8027$ | 0.594,1 |
| Ca-Mg | 西双版纳喀斯特森林 | $y = 0.4229x - 0.1494$ | 0.482,4 |
| | 弄岗喀斯特森林 | $y = 1.5674x - 1.3649$ | 0.506,7 |
| | 红树林 | $y = -0.0258x + 0.6868$ | 0.002,0 |
| | 常绿阔叶林 | $y = 0.5073x - 0.2817$ | 0.356,3 |
| N-K | 西双版纳喀斯特森林 | $y = 0.3133x + 0.4049$ | 0.048,9 |
| | 弄岗喀斯特森林 | $y = 0.4282x + 0.4813$ | 0.062,0 |
| | 红树林 | $y = 1.0472x - 0.2739$ | 0.355,2 |
| | 常绿阔叶林 | $y = 1.0712x - 0.3315$ | 0.348,6 |
| P-Zn | 西双版纳喀斯特森林 | $y = 0.5609x - 1.7635$ | 0.176,3 |
| | 弄岗喀斯特森林 | $y = 0.9394x - 1.2202$ | 0.356,4 |
| | 红树林 | $y = 0.9342x - 1.9231$ | 0.469,8 |
| K-Mn | 西双版纳喀斯特森林 | $y = -0.4259x - 0.8155$ | 0.027,2 |
| | 红树林 | $y = -1.3747x + 0.249$ | 0.473,3 |
| | 常绿阔叶林 | $y = 0.3125x - 0.5022$ | 0.020,0 |
| P-S | 弄岗喀斯特森林 | $y = 0.7561x + 0.3312$ | 0.622,2 |
| | 红树林 | $y = -0.0743x + 0.5284$ | 0.005,6 |

5 讨论和总结

本研究将 3 种生境植物叶片的元素数据与全国 1,900 种植物元素数据进行比较，发现不同生境基质上植物元素丰缺特征具有差异，喀斯特森林的成土母质^[13]、岩性差异^[14]、缓慢的成土速度^[15]，红树林潮间带环境面临的高盐胁迫及海水中元素的输入，常绿阔叶林低 pH 值的酸性土等因素都对这种差异产生影响^[16]。通过元素之间的相关性分析发现，不同生境植物叶片的元素计量关系发生了改变，这与不同基质土壤中的养分供给状况和植物自身的生理特性有关。

作者分工: 曹坤芳对数据集的开发做了总体设计; 田尚青、付培立、白坤栋、姜艳娟采集了样本和测定数据; 崔培鑫做了数据统计分析并撰写了数据论文。

利益冲突声明: 本研究不存在研究者以及与公开研究成果有关的利益冲突

参考文献

- [1] 贺金生, 韩兴国. 生态化学计量学: 探索从个体到生态系统的统一化理论[J]. 植物生态学报, 2010, 34(1): 2–6.
- [2] Sterner, R. W., Elser, J. J. *Ecological Stoichiometry: the Biology of Elements from Molecules to the Biosphere* [M]. New Jersey: Princeton University Press, 2002: 1183.
- [3] Güsewell, S. N:P ratios in terrestrial plants: variation and functional significance [J]. *New Phytologist*, 2004, 164(2): 243–266.
- [4] Agren, G. I. The C:N:P stoichiometry of autotrophs-theory and observations [J]. *Ecology Letters*, 2010, 7(3): 185–191.
- [5] 陈河, 邱明红. 三种红树林植物在不同土壤基质的生长适应性研究[J]. 热带林业, 2015, 43(2): 4–6.
- [6] 惠岑烽, 石莎, 冯金朝等. 内蒙古地带性针茅植物 15 种营养元素含量及化学计量特征分析[J]. 云南大学学报: 自然科学版, 2019, 41(2): 380–389.
- [7] 许伊敏, 龚粤宁, 习丹等. 南岭自然保护区常绿阔叶林优势树种叶片中 11 种化学元素含量特征[J]. 林业科学研究, 2013, 26(6): 759–765.
- [8] 崔培鑫, 曹坤芳, 田尚青等. 中国南方生长于不同基质的天然林植物叶片元素含量数据集[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2021. <https://doi.org/10.3974/geodb.2021.01.17.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2021.01.17.V1>.
- [9] 全球变化科学研究数据出版系统. 全球变化科学研究数据共享政策[OL]. <https://doi.org/10.3974/dp.policy.2014.05> (2017 年更新).
- [10] Han, W. X., Fang, J. Y., Reich, P. B., *et al.* Biogeography and variability of eleven mineral elements in plant leaves across gradients of climate, soil and plant functional type in China [J]. *Ecology Letters*, 2011, 14(8): 788–796.
- [11] 泰兹, 奇格尔, 宋纯鹏译. 植物生理学 4 版[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 60–127.
- [12] 崔培鑫, 申智骅, 付培立等. 中国南方生长于不同基质的天然林植物叶片元素含量特征比较[J]. 生态学报, 2020, 40(24): 9148–9163.
- [13] 刘立斌, 钟巧连, 倪健. 贵州高原型喀斯特次生林 C、N、P 生态化学计量特征与储量[J]. 生态学报, 2019, 39(22): 8606–8614.
- [14] 章程, 谢运球, 吕勇等. 广西弄拉峰丛山区土壤有机质与微量营养元素有效态[J]. 中国岩溶, 2006(1): 63–66.
- [15] Shen, Y. X., Yu, Y., Lucas-Borja, M. E., *et al.* Change of soil K, N and P following forest restoration in rock outcrop rich karst area [J]. *CATENA*, 2020, 186: 104395.
- [16] 林厚萱, 章慧麟, 侯学煜. 酸性土、钙质土和盐渍土指示植物的化学成分[J]. 科学通报, 1957, (19): 591–592.