

亚热带森林蕨类植物生物量分配策略的海拔适应性

潘建, 程晨升, 傅丁帅, 许宾雁, 叶锋*

金华市婺城区野生动植物管理保护站, 浙江 金华

收稿日期: 2022年8月29日; 录用日期: 2022年9月30日; 发布日期: 2022年10月12日

摘要

为揭示蕨类植物生物量分配策略, 本文以浙江金华山蕨类植物为研究对象, 沿海拔梯度进行取样, 分析蕨类植物在不同器官(根、根状茎、叶)的生物量分配特征, 并进一步探讨各器官生物量分配权衡的海拔变化规律以及温度、光照适应性。结果显示: 1) 生物量在不同器官的分配格局表现为根状茎 > 叶 > 根, 根状茎生物量占比最大, 是叶与根的2~7倍; 2) 随着海拔上升, 叶、根以及根状茎生物量没有发生显著变化; 3) 随海拔上升和温度下降, 根状茎生物量占比逐渐增大, 叶、根的生物量占比逐渐减小; 生物量分配权衡与林冠层盖度(光照)没有关系。以上结果表明, 蕨类根状茎的储存功能可能是蕨类植物适应海拔环境变化的重要策略。

关键词

根状茎, 蕨类植物, 生物量投资, 海拔

Altitudinal Adaptation of Biomass Allocation of Ferns in Subtropical Forests

Jian Pan, Chensheng Cheng, Dingshuai Fu, Binyan Xu, Feng Ye*

Wildlife Management Station of Wucheng District, Jinhua Zhejiang

Received: Aug. 29th, 2022; accepted: Sep. 30th, 2022; published: Oct. 12th, 2022

Abstract

This study takes ferns from Jinhushan in Zhejiang as the research object, and reveals the biomass allocation strategy and the environmental adaptability of underground storage organs of ferns.

*通讯作者。

文章引用: 潘建, 程晨升, 傅丁帅, 许宾雁, 叶锋. 亚热带森林蕨类植物生物量分配策略的海拔适应性[J]. 林业世界, 2022, 11(4): 200-205. DOI: 10.12677/wjf.2022.114025

Sampling was carried out along the altitude gradient to analyze the biomass allocation characteristics of ferns in different organs (roots, rhizomes and leaves), and to further explore the altitude variation patterns of biomass allocation and temperature and light adaptations of each organ. The results showed that: 1) The patterns of biomass allocation in different organs showed that rhizomes > leaves > roots, and rhizome biomass accounted for the largest proportion, which was 2~7 times that of leaves and roots. 2) Biomass of roots, leaves and rhizomes did not change significantly with increasing altitude. 3) With the increase of altitude and the decrease of temperature, the biomass proportion of rhizomes gradually increased, and the biomass proportions of leaves and roots gradually decreased. The biomass allocation strategy was not related to canopy cover (light). The storage function of fern rhizomes may be an important strategy for ferns to adapt to altitude changes.

Keywords

Rhizomes, Ferns, Biomass Allocation, Altitude

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

蕨类植物起源于古生代志留纪和泥盆纪，是一种古老的单起源孢子植物，在研究物种的起源、进化与分类方面具有重要的参考价值[1] [2]。蕨类植物属于维管植物，具有根、茎、叶的分化，其茎为地下根状茎。蕨类植物的根状茎具有营养储存功能，它将一部分光合产物以碳水化合物、水分等形式贮藏起来，为植株提供无性繁殖和再生的能力，对植株存活和生长发育有潜在的积极影响，在环境治理、生态修复、食用药用和观赏等方面具有重要意义[3] [4] [5] [6]。

蕨类是亚热带常绿阔叶林林下植被的主要组成部分，在各个海拔梯度均有分布[7]。前人研究显示，植物可通过调节生物量分配来响应海拔环境变化。随着海拔的升高，高寒草甸地下生物量逐渐增大且不同深度下地下生物量随着海拔的升高均呈现不同程度的增加[8]。但草本植物生物量随海拔的变化，因研究对象的不同和海拔梯度差异，呈多种变化特征[9]。当异质性光照增强时，亚热带森林的蕨类植物会增加对叶片的生物量投资[10]。然而，蕨类植物如何调整生物量分配策略增强海拔环境适应，我们仍不清楚。

本研究通过比较不同海拔梯度蕨类器官生物量分配的差异，分析蕨类植物生物量投资的海拔格局与环境适应机制，研究结果可为蕨类植物保育、森林公园管理以及生物多样性保护等行动提供科学数据与理论支持。

2. 材料与方法

2.1. 研究区域概况

金华山地处浙江省金华市婺城区北部(119.48°E~119.77°E, 29.15°N~29.32°N)，是双龙洞国家级风景区所在地，主峰大盘尖海拔 1312 m。金华山属亚热带湿润季风气候区，年平均气温 17.7℃，年平均降雨量为 1400~1800 mm，7 月均温 29.5℃，1 月均温 5.2℃。土壤以中亚热带山地红与黄壤为主，pH 值 5.0~6.5。金华山属亚热带常绿阔叶林区，随海拔上升，植被类型由亚热带常绿阔叶林逐渐向落叶阔叶混交林、针阔混交林、针叶林、灌丛变化[11]。

2.2. 样品采集

基于海拔、地形、植被分布特点,以 100 m 为单位共设立了 10 个海拔梯度,并在每个海拔梯度的典型植被区随机设置 10 个样方(1 m × 1 m)。对样方内健康完整的蕨类植物进行整株挖取。使用户外 GPS 测量取样点海拔高度与经纬度位置。记录各个体物种名称、高度、盖度等信息,用塑料袋封装个体,带回实验室进行生物量测量。本研究共采集蕨类植物 11 种,175 个个体。

2.3. 环境因子与性状测定

清水洗净样本残余泥土后,将样本进行 12 h 无光照泡水处理。之后用吸水纸吸干表面水分,用剪刀将样品分为根、根状茎、叶。后将样品放入烘箱进行烘干(80℃, 48 h)至恒重。待烘干完成后测量与记录每个个体各器官干重,并计算各器官生物量占比:

$$\text{器官生物量占比} = \frac{\text{该器官干重(g)}}{\text{全株干重(g)}} \quad (1)$$

2.4. 数据统计分析

用 One-Way ANOVA 单因素方差分析进行根、根状茎、叶的生物量差异。用一元线性回归分析根、根状茎、叶的生物量沿海拔梯度的变化。用一元线性回归分析各器官生物量占比与海拔、温度与光照梯度之间的关系。使用 Origin 软件进行数据分析,所有统计检验显著水平均设为 $P < 0.05$ 。

3. 结果

3.1. 蕨类植物各器官生物量差异

蕨类植物三种器官的生物量差异显著($P < 0.0001$, 图 1)。三种器官的生物量分配大小关系表现为根状茎(7.956 g) > 叶(3.783 g) > 根(0.937 g)。

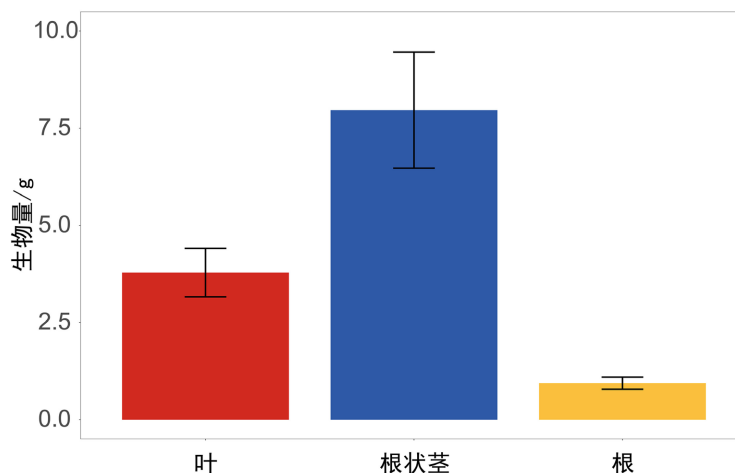


Figure.1. Differences of the biomass among different fern organs

图 1. 蕨类植物各器官生物量差异

3.2. 蕨类植物各器官生物量的海拔变化

海拔与蕨类植物叶($R^2 = 0.00003$, $P = 0.950$, 图 2(a))、根状茎($R^2 = 0.019$, $P = 0.097$, 图 2(b))、根($R^2 = 0.015$, $P = 0.146$, 图 2(c))的生物量都没有显著的关系。

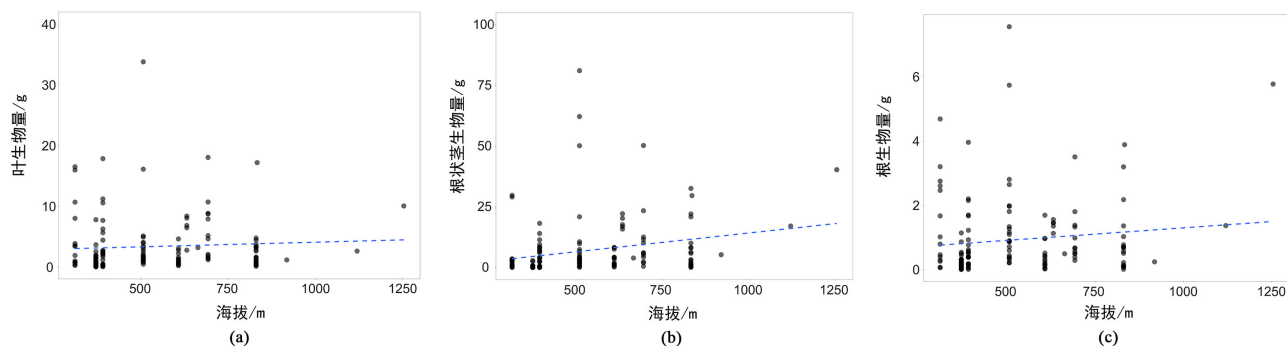


Figure 2. Relationships between elevation and biomass of different fern organs

图 2. 蕨类植物各器官生物量与海拔的关系

3.3. 蕨类植物生物量分配比例与环境因子的关系

蕨类植物叶($R^2 = 0.078$, $P < 0.001$)、根状茎($R^2 = 0.145$, $P < 0.001$)、根($R^2 = 0.108$, $P < 0.001$)的生物量占比与海拔都有显著的相关性(图 3(a)), 其中, 根状茎生物量占比与海拔呈正相关, 叶、根的生物量占比与海拔呈负相关。蕨类植物叶、根状茎、根的生物量占比与光照梯度(林冠层盖度)不具有显著的关系(图 3(b))。蕨类植物叶($R^2 = 0.090$, $P < 0.001$)、根状茎($R^2 = 0.155$, $P < 0.001$)、根($R^2 = 0.097$, $P < 0.001$)的生物量占比与温度具有显著的相关性(图 3(c))。其中, 根状茎生物量占比与温度呈负相关, 叶、根的生物量占比与温度呈正相关。

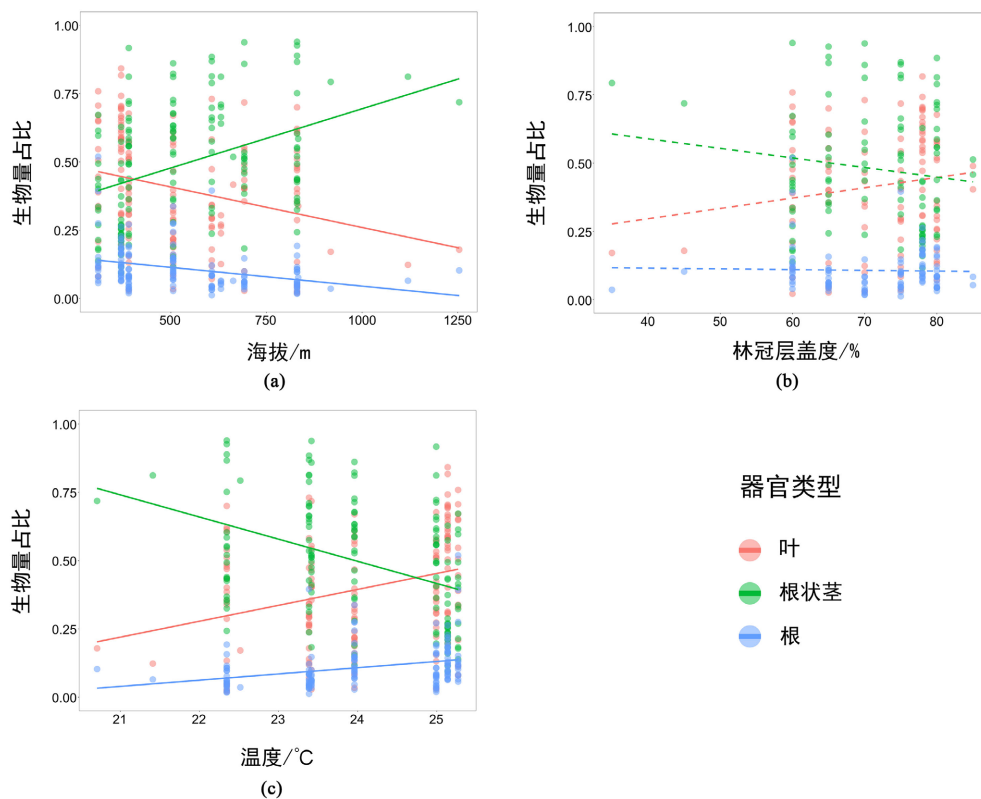


Figure 3. Linear regression analysis of the relationship between the proportion of fern organ biomass and altitude

图 3. 蕨类植物各器官生物量占比与海拔关系的线性回归分析

4. 讨论

4.1. 蕨类植物地下储存器官的生物量特征

本次研究结果表明, 无论是群落水平还是个体水平, 蕨类植物在生物量分配的权衡中都表现出对根状茎的生物量分配最多, 为叶与根生物量的 2~7 倍, 即蕨类植物的根状茎是植株生物量的最大组成部分。蕨类植物的根状茎是地下储存器官, 储存根系吸收的营养物质和水分以及叶片的光合作用产物。根状茎还连通根与叶及各分株, 将同化的资源均衡分配至各器官, 兼具物质运输和无性繁殖的功能[6] [7]。因此, 蕨类植物的根状茎含有大量的碳水化合物, 且在各器官中占比最大, 对蕨类植物的生长与繁殖具有重要的意义[10] [12]。

4.2. 蕨类植物生物量及其分配对环境因子的适应性

海拔高度控制着山地环境的组合形式和变异, 山地植物则会表现出与之相适应的特征[13]。本次研究发现, 沿海拔上升, 蕨类植物叶、根状茎、根的生物量绝对值均没有发生显著的变化。这说明蕨类植物的生长比较稳定, 具有较广的环境适应性。另外, 也可能是由于蕨类植物的地下根状茎储存有大量的碳水化合物等资源, 可持续向地上部分供应营养, 使得各器官生物量变化较稳定。

本次研究也发现, 随着海拔的增高与温度的降低, 蕨类植物叶、根生物量的占比逐渐降低, 根状茎生物量的占比逐渐升高。这表明海拔越高, 蕨类植物的生物量投资越趋向于地下部分, 这与前人的研究结果一致, 高海拔和低温环境下植物生物量投资更倾向于向地下器官[8] [14]。值得注意的是, 一些研究表明, 高海拔植物为了获得足够的养分, 会加大对根系的投资[14] [15], 然而本次研究却发现, 随海拔升高, 蕨类植物投资给根的生物量逐渐减少而根状茎的生物量大幅增加, 这与 Weiser [16]的研究结果相符, 即能通过根状茎进行资源共享的植物往往对细根的投资较少。因此, 蕨类植物对根状茎的投资沿海拔升高逐渐增大, 这可能与根状茎的功能特性有关。与大多数草本植物不同, 蕨类植物的根状茎兼有营养储存和无性繁殖的功能, 其长年处于地下, 可帮助细根的安置与土壤的固定, 又能储存大量的碳水化合物, 有利于蕨类植物抵抗低温等环境的胁迫[6] [7]。因此, 增加对地下根状茎的投资, 有利于蕨类植物的个体存活和种群扩张, 将对群落动态和生态系统稳定性产生重要影响。

5. 结论

蕨类各器官生物量分配中, 根状茎作为储存器官, 其生物量占比最大。随着海拔的升高, 蕨类植物根、根状茎与叶的生物量并没有显著变化, 而生物量分配策略却发生了显著变化。随着海拔的升高, 温度降低, 蕨类植物减少了对叶与根的生物量投资比例, 增加了对根状茎的生物量投资比例。由此可见, 随着海拔升高, 温度降低, 蕨类的生物量分配更加趋向于地下。本研究进一步证实了地下储存器官在维持蕨类植物多样性及其地理分布中的重要性。

基金项目

本研究由中央财政林业和草原项目(TY2022-FW438)资助。

参考文献

- [1] 李春香, 陆树刚, 杨群. 蕨类植物起源与系统发生关系研究进展[J]. 植物学通报, 2004, 21(4): 478-485.
- [2] Watkins, J.E., Rundel, P.W. and Cardelús, C.L. (2007) The Influence of Life form on Carbon and Nitrogen Relationships in Tropical Rainforest Ferns. *Oecologia*, **153**, 225-232. <https://doi.org/10.1007/s00442-007-0723-1>
- [3] 崔桂友. 中国的食用蕨类资源与开发利用[J]. 中国烹饪研究, 1998, 15(1): 21-28.

- [4] Ma, L.Q., Komar, K.M., Tu, C., Zhang, W., Cai, Y. and Kennelley, E.D. (2001) A Fern that Hyperaccumulates Arsenic. *Nature*, **409**, 579-579. <https://doi.org/10.1038/35054664>
- [5] 王玲, 和兆荣. 药用蕨类植物化学成分研究进展[J]. 中国野生植物资源, 2006, 25(3): 1-4.
- [6] 梁梦芳, 刘何铭, 江山, 陈开超, 陈云奇, 杨庆松. 林下密集蕨类层生态学研究进展[J]. 热带亚热带植物学报, 2022, 30(2): 291-300.
- [7] 周喜乐, 张宪春, 孙久琼, 严岳鸿. 中国石松类和蕨类植物的多样性与地理分布[J]. 生物多样性, 2016, 24(1): 102-107.
- [8] 孙磊, 李斌奇, 刘萍, 次仁央培. 不同海拔高寒草甸地下生物量分配格局研究[J]. 高原农业, 2018, 2(6): 589-593+617.
- [9] 马婧婧, 刘耘华, 盛建东, 李宁, 武红旗, 贾宏涛, 孙宗玖, 程军回. 新疆草地优势种植物相对生物量沿海拔梯度变化特征[J]. 草业学报, 2021, 30(8): 25-35.
- [10] Guo, W., Song, Y.B. and Yu, F.H. (2011) Heterogeneous Light Supply Affects Growth and Biomass Allocation of the Understory Fern *Diplazium laucum* at High Patch Contrast. *PLOS ONE*, **6**, e27998. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0027998>
- [11] 邱志军, 刘鹏, 刘春生, 高建国. 金华北山常绿阔叶林群落结构及优势乔木树种更新类型[J]. 广西植物, 2010, 30(5): 629-635.
- [12] 孙晶琦, 王世超, 刘雨菲, 陈泉, 卢华正, 巩合德. 蕨类植物的克隆性及其生态功能[J]. 西部林业科学, 2019, 48(3): 110-115.
- [13] Körner, C. (2003) *Alpine Plant Life: Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystems*. 2nd Edition, Springer-Verlag, Heidelberg.
- [14] 马维玲, 石培礼, 李文华, 何永涛, 张宪洲, 沈振西. 青藏高原高寒草甸植株性状和生物量分配的海拔梯度变异[J]. 中国科学: 生命科学, 2010, 40(6): 533-543.
- [15] Xiong, F., Nie, X., Yang, L., Wang, L., Li, J., Zhou, G., *et al.* (2021) Biomasspartitioning Pattern of *Rheum tanguticum* on the Qinghai-Tibet Plateau was Affected by Water-Related Factors. *Plant Ecology*, **222**, 499-509. <https://doi.org/10.1007/s11258-021-01122-8>
- [16] Weiser, M., Koubek, T., and Herben, T. (2016) Root Foraging Performance and Life-History Traits. *Frontiers in Plant Science*, **7**, 779. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00779>