

Trade-off between Modules in *Arthraxon hispidus* on Slopes of Different Aspects

Yunchun Zhang

College of Environmental Science and Engineering, China West Normal University,
Nanchong Sichuan
Email: yunchunzhang@163.com

Received: Jun. 29th, 2017; accepted: Jul. 23rd, 2017; published: Jul. 26th, 2017

Abstract

Trade-off is the basis of plant life history strategy theory. It's very important to study the trade-off among plant modules in different aspects for understanding the phenotypic plasticity of plants under different habitat conditions. In this study, we selected one common plant-*Arthraxon hispidus*, on Mount Pipa in Changqing district, Jinan city as the focal species. We studied the relationship between modules of *A. Hispidus* populations under the effects of different aspects. The results showed that aspect had a significant effect on the trade-off of modules of *A. Hispidus* populations. Biomass of stems and leaves of plants on south slope was higher than those on the north slope. While, *A. hispidus* on the north slope improved the internode length adapting to the environment. The allometric relationships of leaf width, leaf area and height vs. plant biomass were different on different slopes, which were affected by different aspects of slopes. While the allometric relationships of other modules vs. plant biomass were not affected by different aspects of slopes. The trade-off between different modules showed that *A. Hispidus* can choose effective biomass allocation and regeneration strategies to survive the multiple resource competitions in heterogenous habitats.

Keywords

Aspect, Plant Modular, Trade-Off, Biomass, Phenotypic Plasticity, Allometry

不同坡向荩草构件的权衡关系

张运春

西华师范大学环境科学与工程学院, 四川 南充
Email: yunchunzhang@163.com

收稿日期: 2017年6月29日; 录用日期: 2017年7月23日; 发布日期: 2017年7月26日

摘要

权衡关系是植物生活史对策理论的基础, 研究不同坡向植物构件的权衡关系对理解植物在不同生境下的表型可塑性具有重要意义。本研究选取济南市长清区琵琶山不同坡向的典型植物--荩草(*Arthraxon hispidus*)为研究对象, 分析了不同坡向影响下荩草种群构件间的关系。结果表明: 坡向是影响荩草构件权衡的重要地形因子, 从构件形态看, 南坡的荩草相比北坡来说更倾向于茎叶生物量的增长, 北坡的荩草则表现出以更大的茎节间长; 从异速生长关系看, 叶宽、叶面积和株高在各坡向不具有共斜率, 采取不同的分配策略, 其它构件在各坡向具有共斜率, 只是在分配方面略有倾向。不同坡向荩草构件的权衡关系反映了异质生境中资源多重竞争下荩草生物量的分配机制和提高种群适应性的种群更新策略。

关键词

坡向, 植物构件, 权衡, 生物量, 表型可塑性, 异速生长

Copyright © 2017 by author and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

植物的权衡(trade-off)生长是生态学领域中的重要内容之一[1] [2] [3], 是指植物的生长发育过程中响应环境条件改变其构件投资的可塑性过程。植物生长过程中能够获得的能量是有限的, 不可能同时, 等量地分配到植株的各功能构件, 当植物向各个器官分配其捕获的资源时, 除了自身遗传发育规律外, 主要针对外界因素(包括生物因素和非生物因素, 例如土壤营养、水分和种群密度等)的变异而产生权衡生长[4] [5]。植物的生长受到植株个体发育过程中各构件单元以及其它内在因素的调节和控制, 如何有效地配置资源将会直接影响到其生存和繁殖[6]。因此, 植物在其生长发育的过程中需要不断地优化资源分配模式以适应其生境的变化, 可以说植物的资源权衡模式反映了植物的生态适应对策, 因而早已引起了生态学界的重视[7]。

植物的权衡生长一般可以分为结构与生物量两个方面。结构特性的权衡生长一般指环境对植物的根长, 节间长, 分枝数和叶面积等结构特性可塑性的影响。例如, 土壤水分增加时, 植物的分枝数、叶片数和总的叶面积增加[8]; 土壤营养增加时, 其比叶面积增加, 植物的光合能力上升[9]; 光照强度变低时, 植物比叶面积增加, 光合能力升高[10]。生物量特性方面主要是研究生物量分配对环境变化的响应, 生物量分配的变化能够体现植物对资源的获取能力的变化。例如, 土壤营养或水分降低时, 植物将增加根生物量分配, 以增加植物获取营养和水分的能力[11]; N 元素供应不足时, 增加 CO₂ 的含量, 能导致植物具有较高的根冠比[12] [13]。

坡向作为重要地形因子, 往往能营造局部小气候, 影响群落中资源的分布。坡向对山地生态的影响是很大的, 坡向对光照条件的影响最为明显, 同时它会导致水热等因子的一系列变化, 从而影响着山地植物的生长权衡以及多样性分布格局等。植物的制约性调节会改变植物种群内每个植株可获得资源的数量, 迫使其表型进行调整, 因而生长在不同坡向的植物需要适时调整其植株构件间的关系, 这种调整会引起植物权衡资源在不同构件间的分配, 这体现了全球气候变化背景下植物的资源配置策略。因此, 研究坡向对植物构件权衡的影响对于解释植物的环境适应机制有重要意义[14]。

2. 研究方法

2.1. 研究区域概况

研究区位于济南市长清区琵琶山(116°46'49.17"E, 36°33'41.93"N)。该研究区位于山东内陆地区, 地处中纬度地带, 研究区距离海洋较远且东面又有胶东丘陵以及鲁中南山区故其气候为温暖带大陆性季风气候。研究区四季分明, 春天升温较快且气候较为干旱; 夏天则炎热多雨, 时常一般在 5 月下旬至 9 月上旬多为 105 天到 120 天; 秋季则天高气爽; 研究区冬季比较漫长, 可长达 136 天到 157 天, 一般在 11 月上旬至第二年的 3 月下旬, 冬天寒冷、少雨雪。相比之下春、秋季最短, 都不足两个月。年平均气温 13.8 度, 年平均降水量 623.1 毫米多于一一般北方城市的夏季降水。

2.2. 研究对象

荩草(*Arthraxon hispidus*), 又称菰蓐草, 细叶莠竹, 绿竹等。一年生草本植物, 生长在山坡、草地以及一些阴湿处, 其分布很广, 遍布全国各地, 并且变异性较大。荩草的茎秆比较细弱, 基部一般呈倾斜生长, 茎高一般在 30 厘米到 45 厘米之间; 荩草的茎分为很多节, 并常有很多分枝, 基部的节着土后很容易发出新的根系。荩草为研究区的优势草本且分布于不同坡向、不同群落等多种生境, 表现出较高的形态可塑性和适应能力, 是该区域的代表性草本植物, 研究其权衡生长有助于了解不同坡向典型草本植物的生长规律和适应特征。

2.3. 取样方法

于 2015 年 5 月在琵琶山同一海拔高度的东、南、西、北四个坡向, 每个坡向随机选取 15 株长势良好的荩草, 共 60 株。利用直尺测定植株高度、叶片的长度和宽度, 并计数叶片数和植株的节数; 采用全株挖掘法获取整株, 并测定根长和根数量。将植株放入标记好的信封内, 置于保温箱内, 将样品带回实验室后, 用图像法测定每株植物的叶面积。将样品置于 80℃烘箱内烘干 24 小时后测植株根、茎、叶构件的生物量。

2.4. 数据处理

坡向对荩草构件特征的影响效应采用 one-way ANOVA 分析, 并对处理间的差异用 Tukey test 进行多重比较, 方差分析用 R 的基础分析软件包[15], 多重比较用 R 的 multcomp 软件包[16]。异速分析采用 R 软中 SMATR 3 软件包提供的 SMA 方法进行分析 and 绘图[17]。

3. 结果与分析

3.1. 不同坡向荩草构件特征

从不同坡向荩草构件特征方差分析和多重比较的结果看(表 1), 荩草叶构件特征中, 叶长、叶宽、叶量和叶面积在不同坡向差异不显著($p > 0.05$), 但南坡的叶生物量显著大于东坡、西坡和北坡($p < 0.05$); 荩草茎相关构件中, 北坡和西坡植株的节间长显著大于东坡和南坡($p < 0.05$), 南坡荩草的株高和茎生物量显著大于西坡和北坡($p < 0.05$); 根构件的根长和根量对坡向的反应不显著($p > 0.05$), 东坡的根生物量显著大于西坡($p < 0.05$); 南坡荩草植株生物量显著大于西坡($p < 0.05$), 与那坡和北坡差异不显著($p > 0.05$)。

3.2. 叶构件特征与植株生物量之间的异速生长关系

通过比较叶构件特征与植株生物量之间的异速生长关系发现(图 1), 不同坡向叶长和叶量与植株生物量异速生长的斜率(异速指数)没有显著差异($p_{\text{slope}} > 0.05$), 叶长与植株生物量异速生长的截距(异速常数)

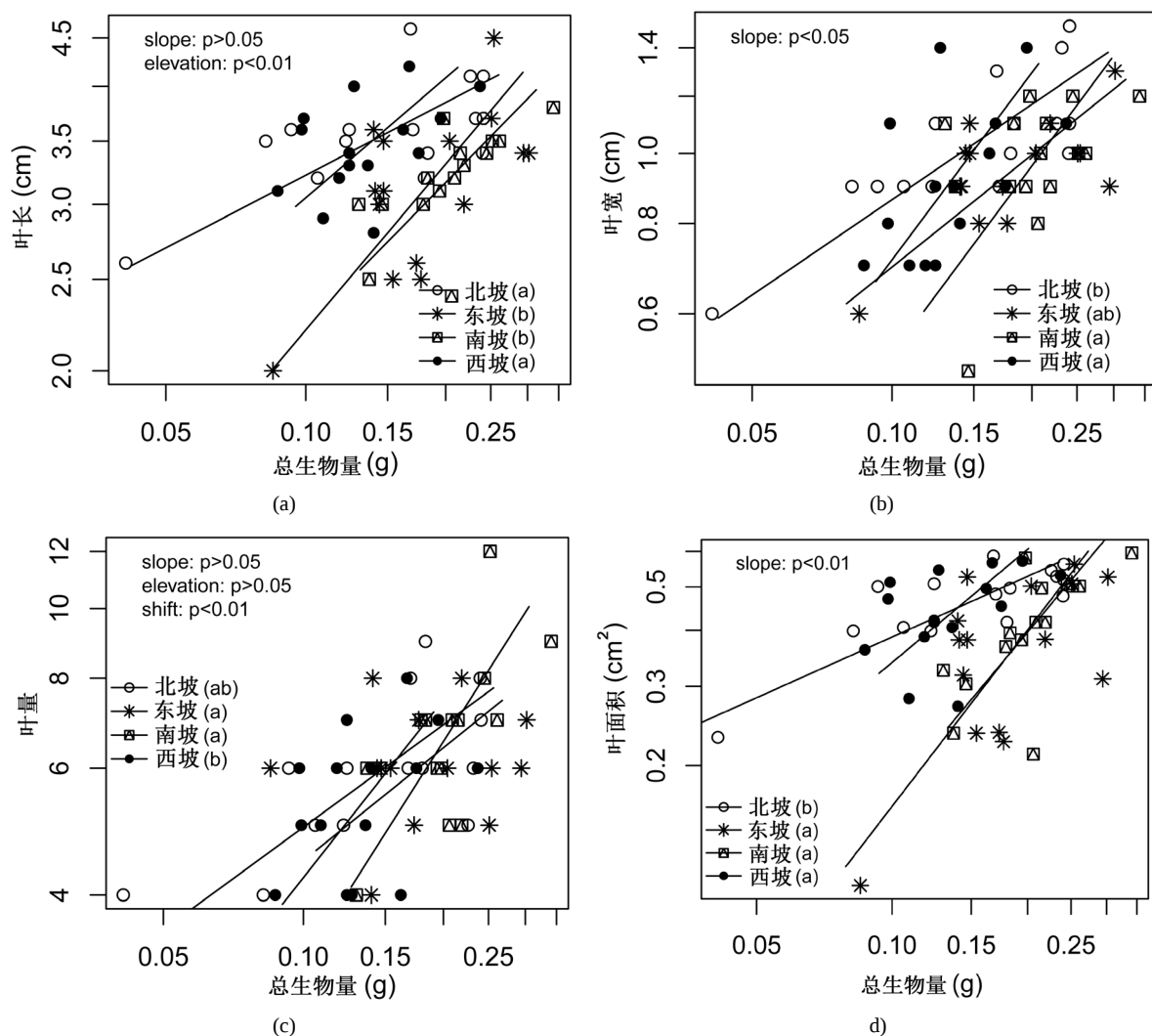


Figure 1. The allometric relationship between modules related to leaf and plant biomass; the letter in the brackets is results of multiple comparisons of slopes (or elevations or locations along common-slope). The same letter is no difference at corresponding significance

图 1. 叶构件特征与植株生物量之间的异速生长关系；括号内字母为差异显著斜率(或截距或位移)的多重比较结果，相同字母表示相应的显著度下差异不显著

有显著差异($p_{\text{elevation}} < 0.01$), 北坡和西坡的叶长异速常数(0.91; 0.91)显著大于南坡和东坡(0.80; 0.81) (图 1(a)), 叶量与植株生物量异速生长关系中仅沿共同斜率位移显著($p_{\text{shift}} < 0.01$), 东坡与南坡位移显著大于西坡(图 1(c)); 叶宽和叶面积与植株生物量异速生长的斜率均有显著的差异($p_{\text{slope}} < 0.05$, $p_{\text{slope}} < 0.01$), 西坡和南坡叶宽与植株生物量异速指数(0.86; 0.59)显著大于北坡(0.37) (图 1(b)), 北坡叶面积与植株生物量异速指数(0.45)显著小于其它三坡(0.84; 1.20; 1.30) (图 1(d))。

3.3. 茎构件特征与植株生物量之间的异速生长关系

从茎节间长与植株生物量的异速生长关系看, 异速指数在各坡向间没有差异($p > 0.05$), 异速常数差异显著($p < 0.01$), 西坡的异速常数(0.76)显著大于东坡和南坡(0.65; 0.61), 但与北坡(0.73)差异不显著(图 2(a))。株高与植株生物量异速生长的异速指数在各坡向间差异显著($p < 0.05$), 南坡的异速指数(0.90)显著大于北坡和东坡(0.29; 0.49), 南坡和东坡均与西坡(0.60)差异不显著(图 2(b))。

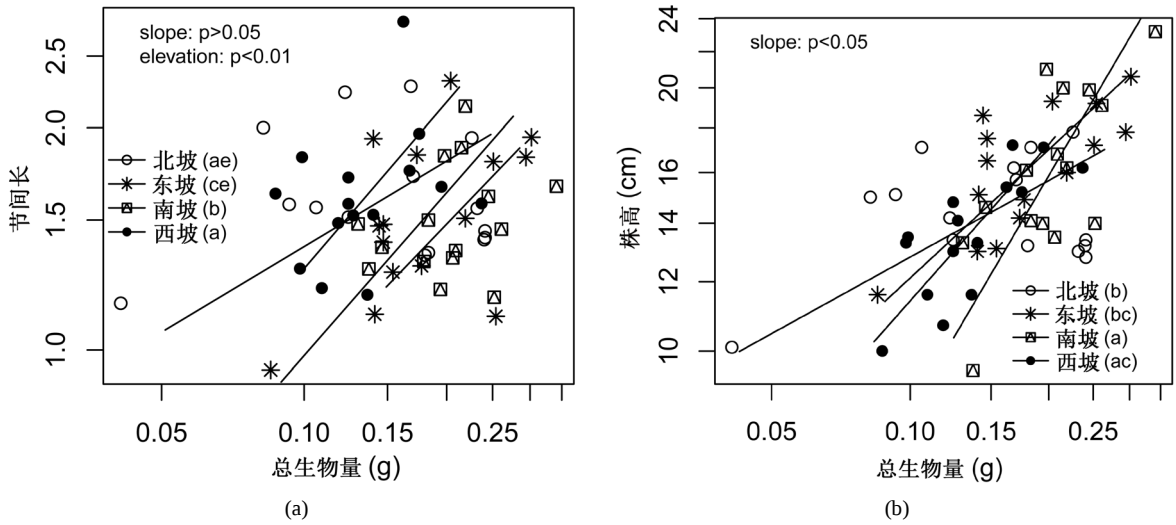


Figure 2. The allometric relationship between modules related to stem and plant biomass; the letter in the brackets is results of multiple comparisons of slopes (or elevations or locations along common-slope). The same letter is no difference at corresponding significance
图 2. 茎构件特征与植株生物量之间的异速生长关系；括号内字母为差异显著斜率(或截距或位移)的多重比较结果，相同字母表示相应的显著度下差异不显著

Table 1. One-way ANOVA and Tukey test for comparing modules of *Arthraxon hispidus* on slopes of different aspects
表 1. 不同坡向荩草构件特征的方差分析

	南坡	北坡	东坡	西坡
叶长	3.20 ± 0.10a	3.59 ± 0.12a	3.16 ± 0.16a	3.48 ± 0.10a
叶宽	0.99 ± 0.05a	1.05 ± 0.06a	0.95 ± 0.04a	0.95 ± 0.06a
叶量	6.80 ± 0.49a	6.13 ± 0.38a	6.13 ± 0.27a	5.53 ± 0.32a
叶面积	0.42 ± 0.03a	0.47 ± 0.02a	0.38 ± 0.03a	0.45 ± 0.02a
节间长	1.51 ± 0.07b	1.63 ± 0.08a	1.55 ± 0.10b	1.65 ± 0.10a
株高	16.73 ± 1.02a	13.51 ± 0.67b	14.28 ± 0.92ab	13.67 ± 0.73b
根长	7.69 ± 0.93a	7.61 ± 1.10a	9.05 ± 1.24a	6.76 ± 1.06a
根量	4.00 ± 0.43a	4.80 ± 0.62a	4.20 ± 0.35a	4.00 ± 0.46a
叶生物量	0.06 ± 0.01a	0.03 ± 0.00b	0.03 ± 0.00b	0.03 ± 0.00b
茎生物量	0.08 ± 0.01a	0.05 ± 0.01b	0.06 ± 0.01ab	0.05 ± 0.01b
根生物量	0.06 ± 0.01ab	0.08 ± 0.01ab	0.09 ± 0.01a	0.06 ± 0.01b
植株生物量	0.21 ± 0.01a	0.16 ± 0.02ab	0.19 ± 0.02ab	0.14 ± 0.01b

注：同一行中，相同字母标出差异不显著($p > 0.05$)，不同字母表示差异显著($p < 0.05$)。

3.4. 根构件特征与植株生物量之间的异速生长关系

根长和根数量与植株生物量的异速关系看，异速指数在各坡向差异均不显著(图 3)。根量与植株生物量的异速生长常数，南坡(1.45)显著小于北坡和西坡(1.68; 1.67)，与东坡(1.54)差异不显著(图 3(a))；根长与植株生物量的异速生长常数无显著差异($p > 0.05$)，但沿共同斜率位移有显著差异($p < 0.05$)，西坡位移大于东坡和南坡与北坡差异不显著(图 3(b))。

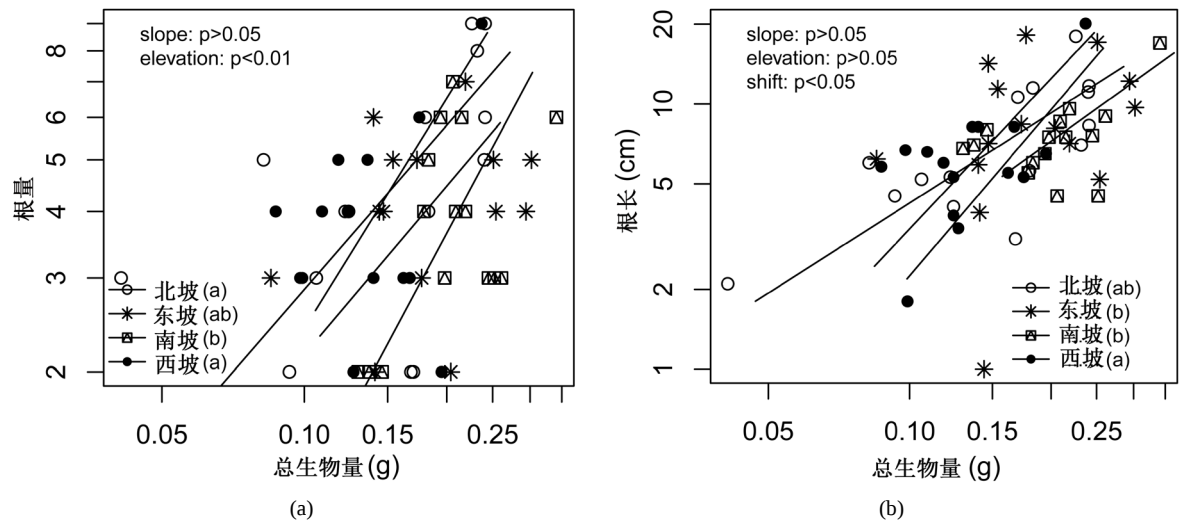


Figure 3. The allometric relationship between modules related to root and plant biomass; the letter in the brackets is results of multiple comparisons of slopes (or elevations or locations along common-slope). The same letter is no difference at corresponding significance

图 3. 根构件特征与植株生物量之间的异速生长关系；括号内字母为差异显著斜率(或截距或位移)的多重比较结果，相同字母表示相应的显著度下差异不显著

3.5. 构件生物量之间的异速生长关系

从叶生物量、茎生物量、根生物量与植株生物量以及叶生物量与茎生物量的异速生长关系图看，各坡向的异速指数均没有显著差异($p > 0.05$) (图 4)。叶生物量、根生物量与植株生物量以及叶生物量与茎生物量的异速常数差异显著($p < 0.01$) (图 4(a)和图 4(c)和图 4(d))，南坡叶生物量与植株生物量异速常数(-0.37)显著大于东坡(-0.54) (图 4(a))；南坡根生物量与植株生物量异速常数(-0.29)显著小于其它三坡(-0.07；-0.07；-0.13) (图 4(c))；南坡与北坡叶生物量与茎生物量异速常数(-0.20；-0.22)显著大于东坡与西坡(-0.30；-0.33) (图 4(d))。各坡向茎生物量与植株生物量仅在沿共同斜率位移差异显著($p < 0.01$)，南坡显著大于西坡和北坡，与东坡差异不显著(图 4(b))。

4. 讨论

生境的变化往往会引起植物构件的可塑性，这种表型可塑性是植物进化适应的一部分，它是对自然选择效应的一种缓存力，也是一种有效的自身保护机制[18]。坡向是一种重要的地形要素，它的生态效应往往体现为一种综合的因素，这主要由于坡向对局部小环境的太阳辐射和降水都会进行二次分配。对植物的形态(包括直接的接触性形态)产生影响，进而影响着植物构件不同层次的可塑性[19]。比较不同坡向的植株形态和生物量的可塑性能够反应植物对坡向因子的适应对策，但这种比较往往忽略植株大小对形态和生物量的影响，很难分清可塑性差异是植株大小造成的还是坡向引起了植物分配比例的变化。探讨植株各部分构件形态与植株生物量之间的异速生长关系，可以消除植株大小对由于环境变化引起的植物可塑性分配的遮盖作用，揭示出不同生境对植物的真正可塑性。

植物功能性状是其形态特征、生长等各种行为的一个综合的体现。在众多植物功能特征中，叶功能属性最能反映出植物对不生环境变化的适应性[14]。不考虑植株个体大小时，苅草叶构件的形态特征(叶长、叶宽、叶量和叶面积)在各坡向差异不显著。当考虑植株大小时，不同坡向叶长和叶量与植株生物量之间斜率差异不显著(即存在共斜率)，叶长和叶量特征可能是由苅草的遗传决定其生长的基本特征，不同大小的植株与叶形态存在稳定的异速生长关系，其受环境影响不大。北坡和西坡的叶长异速常数

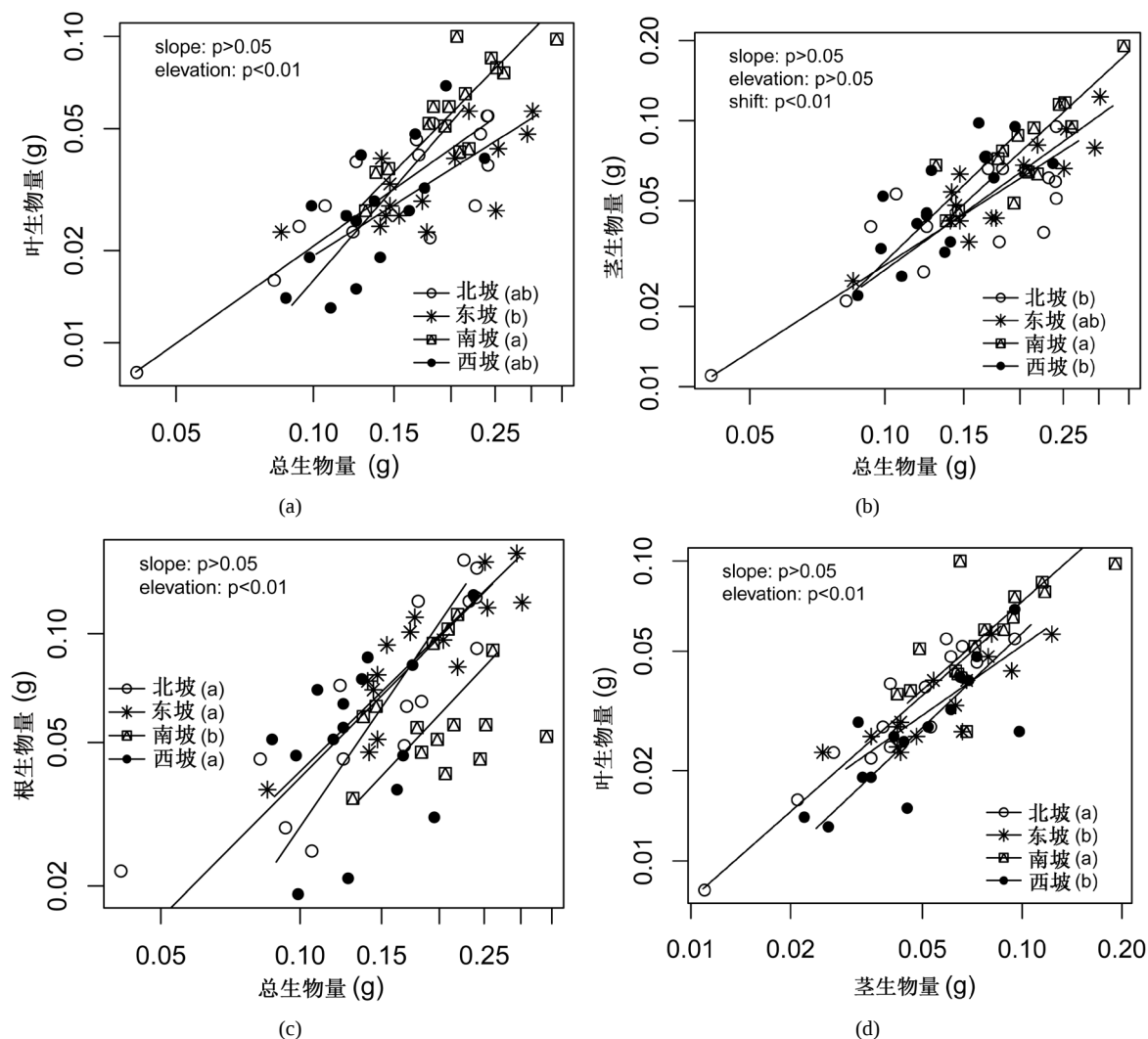


Figure 4. The allometric relationship between modular biomass; The letter in the brackets is results of multiple comparisons of slopes (or elevations or locations along common-slope). The same latter is no difference at corresponding significance
图 4. 构件生物量特征之间的异速生长关系; 括号内字母为差异显著斜率(或截距或位移)的多重比较结果, 相同字母表示相应的显著度下差异不显著

显著大于南坡和北坡表明同等大小植株北坡荇草叶长较大。东坡与南坡位移显著大于西坡表明东坡和南坡植株个体都较大, 相应的叶量多于西坡。不同坡向上荇草叶面积和叶宽与植株总生物量的异速斜率存在差异, 可能是荇草叶宽和叶面积在异质生境中采取不同生长策略的结果。随植株的增大北坡将获得越来越大的叶宽, 但叶面积却相反。仅比较叶生物量的情况下, 光照较强的南坡叶生物量显著大于东坡、西坡和北坡, 这与其它植物在强光照下表现出叶片加厚的特征相一致[20] [21]。从叶生物量与茎生物量以及植株生物量异速生长关系看, 均具有相同的异速指数和不同的异速常数。南坡具有较大的异速常数, 表明消除植株大小的影响后, 南坡荇草的叶生物量也会获得较多分配。

茎是荇草植株中轴部分, 具有输导营养物质、水分, 支持叶、花等作用, 其高度和生物量是植株长久积累的结果。仅比较构件可塑性时, 光照较弱的北坡茎节间长大于其他坡向, 这与空心莲子草[21]、薇甘菊[20]和小拟南芥[22]的反应一致; 南坡荇草的株高和茎生物量显著大于西坡和北坡, 研究区在北半球且地处中高纬度地区, 太阳的位置偏南, 东坡所接受的光照、辐射总量以及温度均高于北坡和西坡, 荇

草光合作用较强获得了较多的生物量积累。从茎节间长与植株生物量的异速生长关系看, 西坡的异速常数显著大于东坡和南坡, 但与北坡差异不显著, 这表明苳草节间长度不是植株的大小引起的, 而是坡向引起的真正可塑性。株高与植株生物量异速生长的异速指数在各坡向间差异显著, 南坡的异速指数显著大于北坡和东坡, 这表明株高在各坡向采取了不同的分配策略, 南坡苳草在发育过程中株高获得优先权。从茎生物量与植株生物量异速生长关系看, 仅在沿共斜率方向位移显著, 这表明南坡茎生物量偏大是由南坡植株较大造成的。

根构件的特征能够反映土壤基质状况, 根构件的活动和生长依赖于地上构件提供的光合产物, 受地上部分生长的约束; 同样, 地上构件的生长和活动也需要根系提供水分、矿质元素、植物激素等, 受根构件的制约[23]。从根构件的可塑性指标看, 根构件的根长和根量对坡向的反应不显著, 东坡的根生物量显著大于西坡, 这可能由于植物对东坡蒸发量较大、土壤含水量低的“趋贫特化”造成的。根据异速生长关系, 同等大小苳草南坡根量和根生物量都较少。

单一比较苳草构件在坡向间的可塑性反应的是植物长期生长的积累效应, 同时包含了植株大小和植物构件间权衡生长的综合效应; 植物构件对植株生物量的异速分析重点探讨了植物在排除个体大小原因后的构件分配关系。对植物进行构件分析和异速生长关系分析有助于更加深入的了解植物对环境适应的过程。

基金项目

教育部留学回国人员科研启动基金([2105]1098); 西华师范大学基本科研业务费资金。

参考文献 (References)

- [1] Fineblum, W.L. and Rausher, M.D. (1995) Trade-off between Resistance and Tolerance to Herbivore Damage in a Morning Glory. *Nature*, **377**, 517-520. <https://doi.org/10.1038/377517a0>
- [2] Bolmgren, K. and Cowan, P.D. (2008) Time-Size Trade Offs: A Phylogenetic Comparative Study of Flowering Time, Plant Height and Seed Mass in a North-Temperate Flora. *Oikos*, **117**, 424-429. <https://doi.org/10.1111/j.2007.0030-1299.16142.x>
- [3] Van Drunen, W.E. and Dorken, M.E. (2012) Trade-offs between Clonal and Sexual Reproduction in *Sagittaria latifolia* (Alismataceae) Scale up to Affect the Fitness of Entire Clones. *New Phytologist*, **196**, 606-616. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04260.x>
- [4] Niklas, K.J. (1994) Comparisons among Biomass Allocation and Spatial Distribution Patterns of Some Vine, Pteridophyte, and Gymnosperm Shoots. *American Journal of Botany*, **81**, 1416-1421. <https://doi.org/10.2307/2445314>
- [5] Preston, K.A. and Ackerly, D.D. (2003) Hydraulic Architecture and the Evolution of Shoot Allometry in Contrasting Climates. *American Journal of Botany*, **90**, 1502-1512. <https://doi.org/10.3732/ajb.90.10.1502>
- [6] 张茜, 赵成章, 董小刚, 马小丽, 侯兆疆, 李钰. 高寒退化草地狼毒种群不同海拔花大小-数量的权衡关系[J]. 植物生态学报, 2014(5): 452-459.
- [7] 侯兆疆, 赵成章, 李钰, 张茜, 马小丽. 不同坡向高寒退化草地狼毒株高和枝条数的权衡关系[J]. 植物生态学报, 2014(3): 281-288.
- [8] Guo, W., Li, B., Zhang, X. and Wang, R. (2007) Architectural Plasticity and Growth Responses of *Hippophae rhamnoides* and *Caragana intermedia* Seedlings to Simulated Water Stress. *Journal of Arid Environments*, **69**, 385-399. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.10.003>
- [9] Li, B., Suzuki, J.I. and Hara, T. (1999) Competitive Ability of Two *Brassica* Varieties in Relation to Biomass Allocation and Morphological Plasticity under Varying Nutrient Availability. *Ecological Research*, **14**, 255-266. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1703.1999.143298.x>
- [10] Runk, K. and Zobel, K. (2007) Phenotypic Plasticity and Biomass Allocation Pattern in Three *Dryopteris* (Dryopteridaceae) Species on an Experimental Light-Availability Gradient. *Plant Ecology*, **193**, 85-99. <https://doi.org/10.1007/s11258-006-9250-0>
- [11] 黄迎新, 赵学勇, 张洪轩, 罗亚勇, 毛伟. 沙米表型可塑性对土壤养分、水分和种群密度变化的响应[J]. 应用生态学报, 2008, 19(12): 2593-2598.

- [12] Curtis, P.S. and Wang, X. (1998) A Meta-Analysis of Elevated CO₂ Effects on Woody Plant Mass, Form, and Physiology. *Oecologia*, **113**, 299-313. <https://doi.org/10.1007/s004420050381>
- [13] Kruse, J., Hetzger, I., Mai, C., Polle, A. and Rennenberg, H. (2003) Elevated P CO₂ Affects N-Metabolism of Young Poplar Plants (*Populus Tremula* × *P. alba*) Differently at Deficient and Sufficient N-Supply. *New Phytologist*, **157**, 65-81. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2003.00656.x>
- [14] 党晶晶, 赵成章, 李钰, 侯兆疆, 董小刚. 高寒草地甘肃臭草茎-叶性状的坡度差异性[J]. 植物生态学报, 2014, 38(12): 1307-1314.
- [15] Team, R.C. (2016) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- [16] Hothorn, T., Bretz, F. and Westfall, P. (2008) Simultaneous Inference in General Parametric Models. *Biometrical Journal*, **50**, 346-363. <https://doi.org/10.1002/bimj.200810425>
- [17] Warton, D.I., Duursma, R.A., Falster, D.S. and Taskinen, S. (2012) Smatr 3-An R Package for Estimation and Inference about Allometric Lines. *Methods in Ecology and Evolution*, **3**, 257-259. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2011.00153.x>
- [18] 张茜, 赵成章, 董小刚, 马小丽, 侯兆疆, 李钰. 高寒退化草地狼毒种群不同海拔花大小-数量的权衡关系[J]. 植物生态学报, 2014, 38(5): 452-459.
- [19] 查高德. 兰州北山侧柏功能性状的空间异质性研究[D]: [博士学位论文]. 兰州: 西北师范大学, 2015.
- [20] 张炜银, 王伯荪, 李鸣光, 咎启杰, 王勇军. 不同光照强度对薇甘菊幼苗生长和形态的影响[J]. 中山大学学报论丛, 2002, 22(1): 222-226.
- [21] 王英英, 张惠娟, 杨小维, 王永星. 不同光照强度下空心莲子草形态可塑性研究[J]. 中国园艺文摘, 2012, 28(1): 17-18.
- [22] 骆彬, 刘彤, 魏鹏, 宋红丽, 赵峰侠. 不同光照条件下新疆小拟南芥 (*Arabidopsis Pumila*) 的表型可塑性研究[J]. 石河子大学学报(自然科学版), 2004, 22(2): 149-153.
- [23] 宋清华, 赵成章, 史元春, 杜晶, 王继伟, 陈静. 高寒草地甘肃臭草根系分形结构的坡向差异性[J]. 植物生态学报, 2015, 39(8): 816-824.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: wj@hanspub.org