

长鞭红景天生物量基本特性研究

卢杰¹, 郑维列^{1,2}, 兰小中³

(1. 西藏农牧学院 高原生态研究所, 西藏 林芝 860000; 2. 中南林业科技大学 生命科学与技术学院, 湖南长沙 410004; 3. 西藏农牧学院 动物科技学院, 西藏 林芝 860000)

摘要: 长鞭红景天 *Rhodiola fastigiata* 是著名的珍稀药用植物之一。对西藏色季拉山区 4 个不同生境中的长鞭红景天的生物量调查分析结果表明: 环境条件对长鞭红景天各构件的平均含水率影响较大, 但对各构件平均含水率占株平均含水率的比例影响不大; 总体上植株各构件的平均含水率所占的比例大小顺序是: 花茎及叶 > 地下部分 > 主轴及侧枝, 地上部分、地下部分及植株整株三者的含水率相接近, 无显著差异。长鞭红景天地上部分与地下部分鲜质量比为 6.65、干质量比为 7.57, 平均生物量为 5.721 3 g·株⁻¹, 资源量为 93.824 4 kg·hm⁻²。主轴及侧枝、地上部分和植株的生物量随花茎环数变化呈现出相似规律, 总体上呈“S”形, 用 Logistic 方程拟合, 都达到了显著水平 ($P < 0.01$); 三者环境容纳量分别为 12.749 7, 13.226 9 和 15.534 5, 相应瞬时增长率为 0.277 9, 0.338 6 和 0.316 9。花茎及叶和地下部分的生物量随花茎环数变化呈现出的规律, 用多项式拟合较显著。基径与各部分生物量关系用幂函数来拟合时, 除花茎及叶和地下部分的相关系数较低外, 其他三者相关系数都在 0.8 以上。图 3 表 3 参 12

关键词: 植物学; 长鞭红景天; 含水率; 生物量; 生长参数

中图分类号: S718.5 文献标志码: A 文章编号: 1000-5692(2008)06-0743-06

Biomass of *Rhodiola fastigiata*

LU Jie¹, ZHENG Wei-lie^{1,2}, LAN Xiao-zhong³

(1. Research Institute of Plateau Ecology, Tibet Agriculture and Animal Husbandry College, Linzhi 860000, Tibet, China; 2. College of Life Science and Technology, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, Hunan, China; 3. School of Animal Sciences and Technology, Tibet Agriculture and Animal Husbandry College, Linzhi 860000, Tibet, China)

Abstract: *Rhodiola fastigiata* is a famous, rare medicinal plant found in China. In order to rational utilization of this plant, its biomass was analyzed in four different habitats of Sejila Mountain in Tibet (Xizang) using correlation analysis. Results showed that environmental conditions affected average moisture content with scape and leaf > belowground (root) > main and branch stems, but not the ratio of the average modular moisture content to the average moisture content. The ratio of the fresh weight of aboveground to belowground parts was 6.65; the dry weight ratio was 7.57; the average individual biomass was 5.721 3 g; and the resource capacity was 93.8 kg·hm⁻². Biomass of main and branch stems, aboveground parts, and the individual plant showed similarities ($P < 0.01$) to stem rings, which correlation curves was “S” shaped; these were fit to a logistics equation; their environmental capacities were 12.749 7, 13.226 9 and 15.534 5, and their corresponding instantaneous growth rates were 0.277 9, 0.338 6 and 0.316 9, respectively. Stem and leaf biomass as well as belowground parts had a significant ($P < 0.01$) correlation with a polynomial, which were fit to a logistics equation. Also, basic diameter to biomass of various parts were fit to a power

收稿日期: 2007-12-05; 修回日期: 2008-03-25

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(“973”计划)前期研究专项(2006CB708403); 西藏林芝高山森林生态系统国家野外定位研究项目(2006-2010)

作者简介: 卢杰, 讲师, 从事植物保护和植物生态学研究。E-mail: tibetlj@163.com。通信作者: 郑维列, 教授, 从事植物生态学研究。E-mail: xzzhengweilie@21cn.com

function with correlation coefficients of $r = 0.802\ 1$ for the main and branch stems, $r = 0.803\ 2$ for the aboveground parts, and $r = 0.812\ 9$ for the individual plant. [Ch, 3 fig. 3 tab. 12 ref.]

Key words: botany; *Rhodiola fastigiata*; moisture content; biomass; growth parameters

长鞭红景天 *Rhodiola fastigiata* 为景天科 Crassulaceae 红景天属 *Rhodiola* 多年生草本植物, 在世界上主要分布于中国、尼泊尔、锡金、不丹及克什米尔地区, 在中国主要分布于西藏、云南和四川^[1-2]。由于红景天植物具有抗寒冷, 抗缺氧, 抗疲劳, 抗微波辐射, 抗衰老, 抗肿瘤及抗毒强心, 增强免疫力等生理、药理作用, 还表现出很好的双向调节作用, 并具有与人参 *Panax ginseng*, 刺五加 *Acanthopanax senticosus* 类似的“适应原样”的作用, 且其抗疲劳, 抗缺氧和增强免疫力作用超过人参、刺五加和绞股蓝 *Gynostemma pentaphyllum*, 而又无人参兴奋过强和刺五加易致便秘的缺点, 因此, 它是很有发展前途的环境适应药物, 倍受人们的青睐。长鞭红景天是国家第二批确定的二级保护植物, 同时由于该植物资源的过度开发和对其生境的破坏, 目前已列入了物种红色名录, 处于近危状态^[3]。对该植物的研究目前多聚焦于化学成分、分子鉴定、组织及细胞培养、药理学及毒理学等方面^[4-10]。为了更合理开发和利用长鞭红景天资源, 特对其生物量进行了调查及分析。

1 研究区与研究方法

1.1 研究区自然概况

研究区设在西藏林芝高山森林生态系统国家野外定位研究站所在的西藏色季拉山, 属藏东南林区的腹地, 也是自然环境极为特殊多样的地区。色季拉山位于雅鲁藏布江大拐弯西北侧、念青唐古拉山与喜马拉雅山接合处林芝县境内, 属念青唐古拉山余脉, 山体的位置大体为 $29^{\circ}10' \sim 30^{\circ}15'N$, $93^{\circ}12' \sim 95^{\circ}35'E$, 走向主要为西北—东南, 形成较大范围的东西坡面, 内有河流东久曲、尼洋曲、易贡藏布、帕隆藏布等, 均属雅鲁藏布水系。境内大部分处于海拔 3 000 m 以上, 最高峰海拔 5 300 m, 最低处位于东坡帕隆藏布峡谷, 海拔 2 100 m 左右。该区属较典型的亚高山温带半湿润气候区, 冬温夏凉, 干湿季分明。年平均气温为 $-0.7\ ^{\circ}C$, 最高月(7月)平均气温 $9.2\ ^{\circ}C$, 最低月(1月)平均气温 $-13.98\ ^{\circ}C$, 极端最低气温 $-31.6\ ^{\circ}C$, 极端最高气温 $24.0\ ^{\circ}C$ 。年均日照时数为 1 150.6 h, 日照百分率 26.1%, 日照时数最高月为 12 月 151.7 h, 日照百分率为 40%。年均相对湿度为 79%, 年均降水量为 1 134.1 mm, 蒸发量 544.0 mm, 占年均降水量的 48.0%。6—9 月为雨季, 占全年降水的 75%~82%, 其中 8 月降水最多, 平均为 294.2 mm, 占全年降水的 30.0%。土壤主要以山地棕壤和酸性棕壤为主, pH 4~6^[11]。由于该区受西南季风和复杂地形的影响, 其东坡与西坡水热条件的差异在植被群落上有较明显的反应, 植被垂直带变化明显。该区共有种子植物 1 091 种(含种下等级), 隶属于 103 科 475 属, 其中裸子植物 2 科 7 属 13 种, 被子植物 101 科 468 属 1 078 种, 包括热带分布类型 91 属, 温带分布类型 309 属, 特有分布 8 属, 特有种的比例高达 12.4%。

1.2 研究方法

2006 年 11 月, 在全面踏查的基础上, 选取了 4 个典型生境群落设置样地, 样地大小为 $1\ m \times 1\ m$, 共设 20 个样地(每个生境群落内随机设 5 个)。在各样地内调查并记录植物种类、高度、密度和盖度等情况, 尤其是长鞭红景天的高度、密度(株数)、盖度、坐标、主轴基径、主轴分枝数, 每枝上的花茎数、花茎长度和主轴上的花茎环数(花茎环是指围绕长鞭红景天主轴顶端着生的花茎脱落或宿存形成的环状结构)等。对每个样地内所有长鞭红景天按株分主轴及侧枝、花茎及叶、地下部分等 3 类进行全部收获, 编号分置。在室内, 对各样进行清洗, 自然阴干, 称鲜质量, 在烘箱内 $80\ ^{\circ}C$ 烘至恒量, 称干质量, 鲜质量和干质量都是用 1/10 000 天平称量, 以供长鞭红景天的生物量分析。每个生境群落的基本情况见表 1。

表 1 长鞭红景天生境群落的基本情况

Table 1 Condition of habitats and community on *Rhodiola fastigiata*

群落名称(编号)	地点	海拔/m	坡位/(°)	坡度/(°)	坡向/(°)	经纬度
薄毛海绵杜鹃急尖长苞冷杉林(P1)	站旁阳坡	4 190	中上	35	120	29°39.35'N 94°42.76'E
林芝杜鹃方枝柏林(P2)	观景台	4 420	中上	22	189	29°37.13'N 94°40.18'E
岩须薄毛海绵杜鹃林灌丛(P3)	大阴坡	4 470	中上	19	12	29°37.82'N 94°42.14'E
岩须硬叶柳灌丛(P4)	观景台	4 520	中上	26	191	29°37.22'N 94°40.44'E

2 结果与分析

2.1 含水率

长鞭红景天植物各构件的组织结构和功能不同，其含水率也有差异。通过对 P1, P2, P3 和 P4 等 4 个群落中的长鞭红景天含水率测定(表 2)，结果表明：在 P1, P2 和 P3 群落中，含水率大小顺序均为：花茎及叶 > 地下部分 > 主轴及侧枝；P4 群落中，含水率大小顺序为：花茎及叶 > 主轴及侧枝 > 地下部分，主轴及侧枝与地下部分的含水率差异较小，说明不同群落的环境差异对长鞭红景天各构件含水率比例的影响不大。对不同群落中长鞭红景天同类构件的平均含水率来看，主轴及侧枝平均含水率大小顺序为：P2 > P1 > P3 > P4，花茎及叶平均含水率大小顺序为：P4 > P2 > P1 > P3，地下部分平均含水率大小顺序为：P3 > P2 > P1 > P4，同类构件的平均含水率在不同群落中存在较大差异，这说明不同群落的环境条件对长鞭红景天各构件平均含水率影响较大。

表 2 不同群落长鞭红景天构件及总体的含水率

Table 2 Moisture content of modular and individual on *Rhodiola fastigiata*

群落	含水率/%				
	主轴及侧枝	花茎及叶	地上部分	地下部分(根)	植株
P1	66.50 ± 4.39	87.10 ± 3.25	70.97 ± 4.956	72.57 ± 3.73	70.84 ± 4.23
P2	71.42 ± 3.33	89.30 ± 0.77	74.99 ± 5.12	74.15 ± 6.13	75.02 ± 4.22
P3	66.54 ± 2.83	86.8 ± 5.42	69.51 ± 2.41	77.36 ± 3.19	70.55 ± 2.16
P4	66.92 ± 3.71	92.78 ± 3.87	72.96 ± 5.39	64.36 ± 3.47	72.10 ± 4.86
总体	67.41 ± 3.88	89.33 ± 4.52	71.94 ± 4.71	71.03 ± 6.45	71.85 ± 4.15

说明：表中数据为平均值 ± 标准差。

从花茎环数与各部分的含水率关系来看(图 1)，随着花茎环数的增多，花茎及叶、地上部分及植株三者的含水率总体上有所下降，但下降幅度不大；地下部分的含水率有所上升，但上升幅度也不大；主轴及侧枝的含水率随花茎环数的增多，尽管呈现出上下波动现象，但总体上呈水平线趋势。

综上所述，环境条件对长鞭红景天各构件的平均含水率影响较大，但对各构件平均含水率占株平均含水率的比例影响不大；当然各构件含水率及株含水率还与花茎环数(年龄)等内因有关，但相关性不明显。

4 个群落中，总体上植株各构件的平均含水率所占的比例大小顺序是：花茎及叶 > 地下部分 > 主轴及侧枝，地上部分、地下部分及植株整株三者的含水率相接近，无显著差异。

2.2 生物量及资源量

生态系统生物量研究一直是生态学中一个重要的研究方

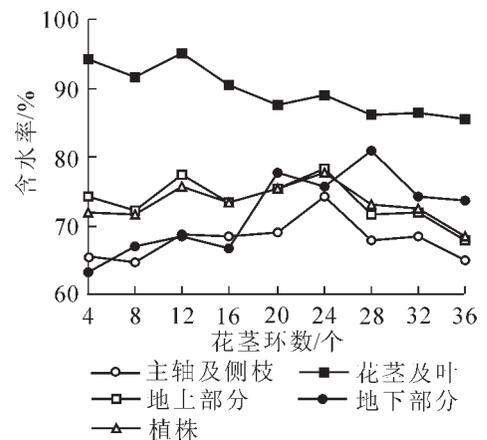


图 1 长鞭红景天花茎环数与各部分含水率的关系

Figure 1 The relation of each part moisture content and stem ring on *Rhodiola fastigiata*

向^[12]。对4个群落中的长鞭红景天生物量进行测定(表3),从总体来看,长鞭红景天的生物量组成鲜质量为主轴及侧枝>花茎及叶>地下部分(根),平均鲜质量为20.027 g·株⁻¹,其中主轴及侧枝平均鲜质量为14.181 4 g·株⁻¹,占70.81%,花茎及叶平均鲜质量为3.228 3 g·株⁻¹,占16.12%,根平均鲜质量为2.617 3 g·株⁻¹,占13.07%。生物量组成干质量为主轴及侧枝>地下部分>花茎及叶,平均干质量为5.721 3 g·株⁻¹,其中主轴及侧枝平均干质量为4.632 4 g·株⁻¹,占80.97%,花茎及叶平均干质量为0.421 1 g·株⁻¹,占7.36%,根平均干质量为0.667 8 g·株⁻¹,占11.67%。地上部分与地下部分鲜质量比为6.65,干质量比为7.57。在室外观测发现,割除地上部分、地下部分还能萌发生长,由此可见,长鞭红景天作为多年生植物资源,可以采取地上部分,留地下部分萌发生长,达到持续开采的目的。

表3 不同群落长鞭红景天生物量(干质量)及资源量

Table 3 Biomass and resource of *Rhodiola fastigiata*

群落	生物量/(g·株 ⁻¹)及资源量/(kg·hm ⁻²)									
	主轴及侧枝		花茎及叶		地上部分		地下部分(根)		植株	
	生物量	资源量	生物量	资源量	生物量	资源量	生物量	资源量	生物量	资源量
P1	4.704 5	89.385 5	0.585 7	11.134 0	5.290 1	100.511 9	0.674 7	12.819 3	5.964 9	113.335 0
P2	3.921 3	68.622 8	0.366 2	6.405 0	4.287 5	75.031 3	0.521 3	9.122 8	4.808 8	84.157 5
P3	9.107 1	174.856 3	0.757 1	14.534 4	9.864 2	189.392 6	1.466 5	28.156 8	11.330 7	217.536 0
P4	1.909 3	28.639 5	0.093 4	1.395 0	2.002 7	30.040 5	0.195 1	2.926 5	2.197 8	32.970 0
总体	4.632 4	75.971 4	0.421 1	6.904 4	5.053 5	82.877 4	0.667 8	10.951 9	5.721 3	93.824 4

不同群落中长鞭红景天生物量及资源量有较大的差异(表3)。各群落中生物量和资源量大小顺序为:P3>P1>P2>P4。在P3群落中,长鞭红景天株平均生物量最大,为11.330 7 g·株⁻¹,资源量也最大,为217.536 0 kg·hm⁻²,这主要是该群落位于阴坡,属典型的高山流石滩,空气凉润,有利于长鞭红景天生长;在P4群落中,平均生物量最小,为2.197 8 g·株⁻¹,资源量也最小,为32.970 0 kg·hm⁻²。调查发现,该群落中的长鞭红景天主要生长在密集的岩须丛中,植株细长,加之一定程度的放牧干扰,故生长状况受到影响。从总体来看,4个群落中平均生物量为5.721 3 g·株⁻¹,资源量为93.824 4 kg·hm⁻²。

2.3 生物量与生长参数的关系

2.3.1 生物量与花茎环数的关系 花茎环数与主轴及侧枝、花茎及叶、地上部分、地下部分以及植株生物量的关系如图2所示。主轴及侧枝、地上部分和植株的生物量随花茎环数变化呈现出相似规律,总体上呈“S”形,符合Logistic增长,所得 $P < 0.01$ 的拟合方程如下:

$$\text{花茎环数与主轴及侧枝的生物量: } y = \frac{12.749 7}{1 + e^{5.145 2 - 0.277 9 x}},$$

$$R^2 = 0.921 8, F = 47.172 4 > F_{0.01} = 7.33;$$

$$\text{花茎环数与地上部分生物量: } y = \frac{13.226 9}{1 + e^{5.771 6 - 0.338 6 x}}, R^2 =$$

$$0.905 1, F = 38.158 0 > F_{0.01} = 7.33;$$

$$\text{花茎环数与植株生物量: } y = \frac{15.534 5}{1 + e^{5.564 3 - 0.316 9 x}}, R^2 =$$

$$0.888 3, F = 31.820 0 > F_{0.01} = 7.33。$$

从拟合的结果看,三者的生物量随花茎环数的动态关系都可以用Logistic方程来描述,都达到了

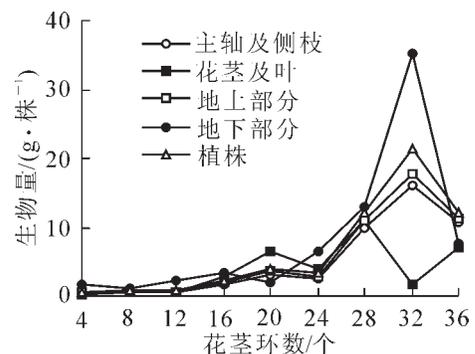


图2 长鞭红景天花茎数与各部分生物量的关系

Figure 2 The relation of each part biomass and scape of *Rhodiola fastigiata*

显著水平。结合图 3 及 Logistic 方程 $k/(1 + e^{a-rx})$ 可知，三者的 k 值、 a 值和 r 值各不相同，但差异不大，曲线的拐点和曲线变化趋势也相似；又结合 Logistic 方程中参数的生物学意义可知，三者环境容纳量分别为 12.749 7，13.226 9 和 15.534 5，相应瞬时增长率为 0.277 9，0.338 6 和 0.316 9。这说明随着花茎环数的增多，三者生物量虽然都在增加，但增长幅度稍有差异，地上部分增长较大，植株生物量次之，主轴及侧枝生物量增长较小。出现植株生物量增长小于地上部分生物量的增长现象，主要是由于地下分部生物量增长小的原因。

花茎及叶和地下部分的生物量随花茎环数变化呈现出的规律又有所不同，用 Logistic 方程拟合如下：

$$\text{花茎环数与花茎及叶的生物量: } y = \frac{10.534\ 7}{1 + e^{4.590\ 2 - 0.299\ 7x}}, R^2 = 0.555\ 7, F = 3.742\ 8 < F_{0.01} = 7.33;$$

$$\text{花茎环数与地下部分生物量: } y = \frac{16.256\ 6}{1 + e^{6.616\ 3 - 0.407\ 2x}}, R^2 = 0.449\ 7, F = 3.268\ 8 < F_{0.01} = 7.33。$$

由此可知，用 Logistic 方程拟合结果不显著，相关系数极低。出现这种现象，是由于长鞭红景天的花茎及叶的生物量随环境变化而有较大的变化，地下部分生物量与其生长的土壤性质(如土壤深度、土壤质地、乱石)等有很大关系，如调查中发现生长于石缝中植株根系特别发达，相应的生物量也较高。二者与花茎环数的增长不呈显著的正相关，用多项式拟合较显著，所得 $P < 0.01$ 的拟合方程如下：花茎环数与花茎及叶生物量： $y = 7.853\ 3 - 2.315\ 0x + 0.203\ 9x^2 - 0.004\ 0x^3$ ， $R^2 = 0.879\ 5$ ， $F = 17.034\ 6 > F_{0.01} = 4.36$ ；花茎环数与地下部分生物量： $y = 29.588\ 6 - 7.619\ 5x + 0.552\ 5x^2 - 0.010\ 0x^3$ ， $R^2 = 0.831\ 4$ ， $F = 11.509\ 1 > F_{0.01} = 4.36$ 。方程中 x 不同次方的系数不同，可以认为是不同环境因子对生物量的影响是不同的。

2.3.2 生物量与基径的关系 长鞭红景天基径与各部分生物量关系如图 3 所示。用幂函数来拟合，除花茎及叶和地下部分的相关系数较低外，其他三者相关系数都在 0.8 以上，说明花茎及叶和地下部分生物量与基径的关系不明显，这跟花茎环数与花茎及叶、地下部分生物量的关系相似。

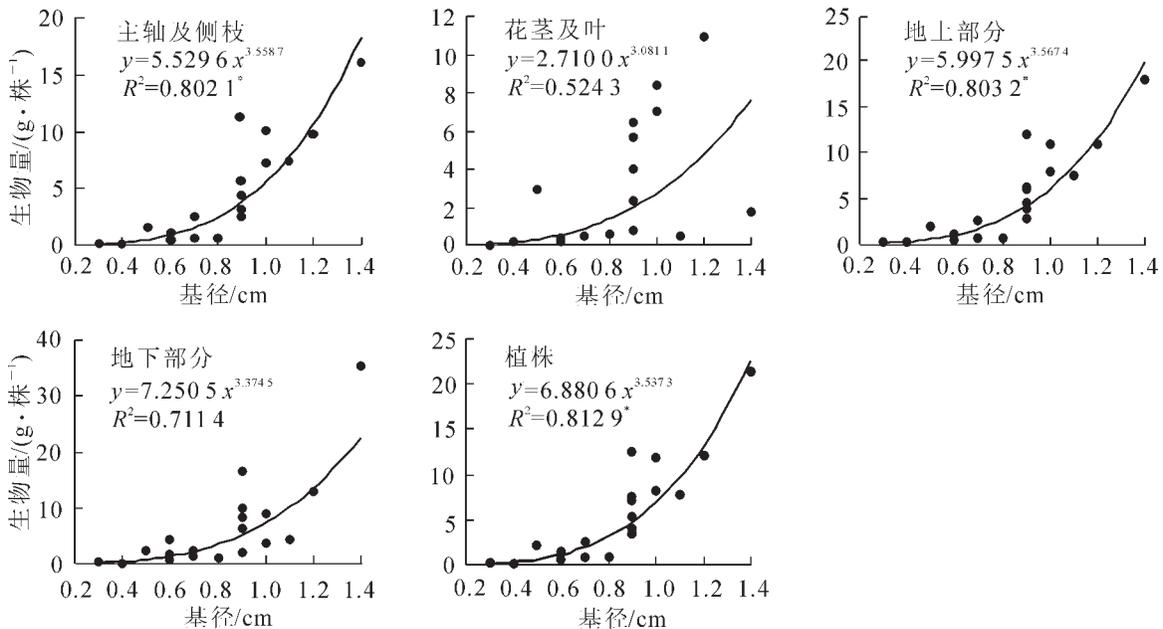


图 3 长鞭红景天基径与各部分生物量的关系

Figure 3 The relation of biomass and basic diameter on *Rhodiola fastigiata*

3 结论

对不同生境群落中的长鞭红景天各构件的含水率测定分析发现，环境条件对长鞭红景天各构件的

平均含水率影响较大,但对各构件平均含水率占株平均含水率的比例影响不大;当然各构件含水率及株含水率还与花茎环数(年龄)等内因有关,但相关性不明显。4个生境群落中,总体上植株各构件的平均含水率所占的比例大小顺序是:花茎及叶>地下部分>主轴及侧枝,地上部分、地下部分及植株整株三者的含水率相接近,无显著差异。

长鞭红景天地上部分与地下部分鲜质量比为6.65,干质量比为7.57。由于割除地上部分,地下部分还能萌发生长,由此,长鞭红景天作为多年生植物资源,可以采取地上部分,留地下部分萌发生长,达到持续开采的目的。在研究区内长鞭红景天平均生物量为 $5.7213\text{ g}\cdot\text{株}^{-1}$,资源量为 $93.8244\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

长鞭红景天主轴及侧枝、地上部分和植株的生物量随花茎环数变化呈现出相似规律,总体上呈“S”形,用Logistic方程拟合,都达到了显著水平;三者环境容纳量分别为12.7497,13.2269和15.5345,相应瞬时增长率为0.2779,0.3386和0.3169。花茎及叶和地下部分的生物量随花茎环数变化呈现出的规律,用Logistic方程拟合结果不显著,但用多项式拟合较显著,方程中自变量不同次方的系数不同,可以认为是不同环境因子对生物量的影响是不同的。长鞭红景天基径与各部分生物量关系用幂函数来拟合,除花茎及叶和地下部分的相关系数较低外,其他三者相关系数都在0.8以上,说明花茎及叶和地下部分生物量与基径的关系不明显,这跟花茎环数与花茎及叶、地下部分生物量的关系相似。

参考文献:

- [1] 李伟球,傅书遐,傅坤俊,等.中国植物志:第34卷第1分册被子植物门双子叶植物纲[M].北京:科学出版社,1984:159-220.
- [2] 吴征镒.西藏植物志:第2卷[M].北京:科学出版社,1985:414-428.
- [3] 汪松,解焱.中国物种红色名录第1卷:红色名录[M].北京:高等教育出版社,2004:336.
- [4] 卢杰,郑维列,兰小中,等.长鞭红景天的研究概况[J].中国野生植物资源,2007,26(4):6-11.
- [5] 彭江南,葛永潮,李晓晖.长鞭红景天化学成分的研究[J].药学学报,1996,31(10):798-800.
- [6] 倪念春,王卫华.云南常见药用红景天的分子鉴定研究[J].山西中医学院学报,2004,5(3):68-52.
- [7] 胡挺松,马兰青,郭万里,等.长鞭红景天的组织培养和快速繁殖[J].植物生理学通讯,2004,40(3):335.
- [8] 郭燕霞,刘玉军.长鞭红景天悬浮培养细胞的玻璃化法超低温保存研究[J].西北植物学报,2006,26(8):1605-1611.
- [9] YIDONG L, PENG N, TASHI T, et al. Chemical composition of the essential oils of two *Rhodiola* species from Tibet [J]. *J Biosci*, 2003, 58: 161-164.
- [10] 周元川.长鞭红景天毒理学评价[J].中国民族民间医药杂志,2003,63:225-227.
- [11] 郑维列.西藏色季拉山野生花卉资源初步研究[M]//徐凤翔.西藏高原森林生态研究.沈阳:辽宁大学出版社,1995:101-110.
- [12] 杨利平,周晓峰.细叶百合的生物量和营养分配[J].植物生态学报,2004,28(1):138-142.