

文章编号:1673-5021(2010)02-0047-07

短穗兔耳草克隆生长对高寒草甸土壤营养库衰退的响应

孙 涛¹, 王彦龙², 施建军², 赵景学³, 尚占环^{3,*}

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810008; 2. 青海省畜牧兽医科学院草原研究所, 青海 西宁 810016;
3. 兰州大学青藏高原生态系统管理国际中心/兰州大学草地农业科技学院, 甘肃 兰州 730020)

摘要:在退化高寒草甸土壤营养库变化背景下,对短穗兔耳草无性生长特性(基株和分株高度、根长和叶片数目、基株匍匐茎长度、粗度和茎生叶数目等)进行调查分析,结果表明:短穗兔耳草克隆生长特性随草地土壤养分资源丰富程度而变化,其觅食行为受环境异质性资源量影响明显。在不同土壤养分库含量样地,短穗兔耳草匍匐茎出现概率和匍匐茎粗度,以及基株匍匐茎上分株的高度、根长和叶片数依其基株匍匐茎数均不同;具不同匍匐茎数短穗兔耳草的基株高度、根长和叶片数变化亦不同。具 2 条或不具有匍匐茎的短穗兔耳草基株的高度,在土壤养分资源较为丰富的样地要明显小于养分比较缺乏的样地,土壤速效钾和速效氮与基株高度之间有一定的线性相关性。没有匍匐茎基株和分株根的根长度在土壤养分丰富的样地显著小于养分少的样地,而基株和分株叶片数在不同样地的变化无规律。两条中第一条和具一条匍匐茎上茎生叶片数在土壤丰富的样地大于土壤养分少的样地,但样地间匍匐茎粗度没有差异。相同土壤养分条件下,短穗兔耳草基株、分株以及匍匐茎等无性系生长特性无明显差异。短穗兔耳草克隆生长特征严格按其生境养分资源变化而变化,是一种环境异质性变化的适应性植物。

关键词:高寒草甸;养分资源;短穗兔耳草;形态可塑性;环境异质性

中图分类号:S812.2 **文献标识码:**A

草地植被退化改变了植物群落性质、种间竞争与土壤特性,形成异质的草地植物景观和生境。草地变化势必引起各种尺度上物种、种群或群落发生改变,其中克隆植物的克隆生长特性对环境变化独特反应模式是这一领域研究的热点,也是退化草地管理的生态学理论基础。克隆植物在自然条件下,通过克隆生长和克隆生殖,能自发地产生遗传结构相同并有潜在独立性新单元或个体^[1],可通过克隆生长和形态可塑性(如觅食行为),在异质性生境中有效获取资源^[2~5]。高寒草甸退化形成次生裸地是青藏高原三江源地区草地退化特有的表现形式,次生裸地的形成为克隆植物表型可塑性的表达提供了充足的空间。

短穗兔耳草(*Lagotis brachystachya*)是青藏高原海拔 2600~4650 m 高寒草甸常见伴生植物^[6],是有性和无性两种方式繁殖的典型匍匐茎型莲座状多年生草本植物。短穗兔耳草主要通过直立茎基部节上生出侧向生长的 1 条或数条匍匐茎,在匍匐茎的末端产生幼苗和不定根,成为无性系分株;匍匐茎上分布有若干对称茎生叶,有的无性系分株也可继续产生次一级无性系分株,匍匐茎断裂后也可直接成为新个体。目前,国内对短穗兔耳草的研究主要涉及其种群生长特性^[7]、基株大小及其与克隆生长特

征的关系^[8],海拔梯度和退化程度对其无性生长和繁殖特性的影响^[9~10],以及其化学成分和抑菌活性的研究^[11]等。克隆植物的克隆生长特性变化,本质上是觅食为核心的植株生长对养分多寡程度和格局的响应,研究短穗兔耳草对养分资源变化的响应是研究短穗兔耳草对环境变化适应性的重要方面。

1 研究材料与方法

1.1 研究地点概况

研究地点位于青藏高原腹地的青海省果洛州玛沁县大武乡的青海省畜牧兽医科学院三江源“黑土滩”综合治理野外定位站,地理坐标 33°43'~35°16'N、98°48'~100°55'E。典型高原大陆性气候,无四季之分,仅有冷暖季之别,冷季漫长、干燥而寒冷,暖季短暂、湿润而凉爽。温度年差较小而日差较大,太阳辐射强烈。平均海拔 4120 m 以上,年平均降水 542 mm,5~9 月降水 445 mm;年平均气温 -2.3℃,

*通讯作者, E-mail: shangzhz@lzu.edu.cn

收稿日期:2009-07-27;修回日期:2009-09-11

基金项目:国家自然科学基金重点项目(30730069);国家自然科学基金青年项目(30600426)

作者简介:孙涛(1979-),男,甘肃通渭人,博士研究生,主要从事草地生态学研究。

10 积温 914.3 ,年日照时数 2450.8h。植被类型丰富多样,高寒嵩草草甸类型占优势。土壤类型以高山草甸土、高山灌丛草甸土和草甸沼泽土为主。

1.2 调查和分析方法

2006年8月中旬在定位站内选择退化的高寒草甸三处:样地1以嵩草属、禾本科为绝对优势种,杂草较少,物种分布均匀,植被盖度85%~90%,基本无秃斑地;样地2以禾本科植物为优势种,豆科、菊科植物较多,嵩草属植物较少,盖度为70%~75%,秃斑地占10%~20%;样地3主要以杂类草为主,禾草和莎草科植物偶见,毒杂草比例较大,总盖度为40%~50%,秃斑地面积占25%左右。

在样地上随机设置3个50m×50m的样方,依照随机步长法分别在3个样地选择短穗兔耳草无性系植株数32、47和42进行相关参数采集;测定项目包括基株和分株的株高、根长、叶片数,基株的分株数和匍匐数及匍匐茎的长度和粗度。在每个样地内随机设置6个50cm×50cm样方进行植物群落特征调查,包括所有植物种盖度、高度和密度,以及植物群落的高度和盖度;然后齐地分种剪草,烘干称重。

在植被特征测定的同时,在各样地内分别采集0~30cm表层土壤,10次重复。经过预处理后的土壤样品分别进行pH值(酸度计法)、全磷(钼锑抗比色法)、速效磷(碳酸氢钠法)、全氮和速效氮(凯氏定氮法和康维皿法)、有机质含量(重铬酸钾硫酸溶液氧化法)、速效钾(火焰光度法)的测定。此外,在

各设置样地进行土壤紧实度(紧实度仪)测定,20次重复。

1.3 数据分析

植物种重要值(IV)=(相对盖度+相对地上生物量)/200。

物种丰富度、多样性和均匀度指数,分别用式(1)、式(2)和式(3)计算。

$$\text{丰富度指数(Richness): } R = S \quad (1)$$

物种多样性 Shannon-wiener 指数(H):

$$H = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i \quad (2)$$

$$\text{均匀度指数: } J = H / H_{\text{Max}} \quad (3)$$

式中, P_i 为物种*i*的重要值; S 为物种总数。

有关数据采用SPSS13.0统计软件,对土壤各特性指标和短穗兔耳草无性系构件各参数进行方差分析和LSD检验。

2 结果与分析

2.1 样地植被和土壤特征

表1显示,高寒草地物种数、物种丰富度、物种多样性和均匀度指数,以及群落盖度均为样地1>样地2>样地3,短穗兔耳草重要值和群落高度为样地3>样地2>样地1,草地群落地上生物量为样地3>样地1>样地2。样地1的物种数比样地3的多13种,而群落高度和短穗兔耳草的重要值则分别小4.0cm和10.7。

表1 样地植被特征

Table 1 Characteristics of plant community of plots

植被特征 Community characteristics	样地1 Plot 1	样地2 Plot 2	样地3 Plot 3
物种数 Number of species	34	26	21
物种丰富度 Richness(No./m ²)	19.2 ±1.56	16.4 ±2.26	13.5 ±2.54
物种多样性指数 Species diversity index	2.3 ±0.13	2.0 ±0.43	1.7 ±0.26
均匀度指数 Evenness index	0.8 ±0.06	0.8 ±0.12	0.7 ±0.08
群落高度 Height(cm)	9.5 ±1.13	10.2 ±0.89	13.5 ±2.13
群落盖度 Cover(%)	88.7 ±5.34	76.2 ±9.87	50.0 ±16.98
生物量 Biomass(g/m ²)	258.0 ±9.88	182.6 ±16.52	220.4 ±34.24
短穗兔耳草的重要值 IV of <i>L. brachystachya</i>	3.6 ±1.35	6.6 ±4.26	14.3 ±11.23

由表2看出,除土壤pH值在各样地间差异不显著外,土壤含水量、有机质、全N、全P、速效N、速效P、速效K和土壤紧实度均在不同样地间有显著

差异。样地1的土壤有机质和速效N显著大于其它2个样地,3个样地间显著差异;样地3的土壤含水量、全P、速效P和紧实度显著小于样地1和样地2。

表 2 样地土壤特征

Table 2 The soil properties (0 ~ 30cm) of three different plots

样地 Plot	有机质 Organic matter (%)	全氮 Total N (%)	全磷 Total P (%)	速效氮 Available N (g/kg)	速效磷 Available P (mg/kg)	速效钾 Available K (g/kg)	含水量 Moisture content (%)	土壤 pH Soil pH value	紧实度 Soil hardness (kg/cm ²)
1	8.86 ^a ± 1.01	0.53 ^a ± 0.05	0.14 ^a ± 0.01	0.40 ^a ± 0.02	5.52 ^a ± 1.12	0.41 ^a ± 0.02	35.3 ^a ± 2.32	7.2 ^a ± 1.02	2.8 ^a ± 0.32
2	7.22 ^b ± 0.93	0.40 ^b ± 0.03	0.16 ^a ± 0.02	0.30 ^b ± 0.02	4.32 ^a ± 0.98	0.39 ^a ± 0.01	33.6 ^a ± 3.15	7.45 ^a ± 1.11	2.3 ^a ± 0.36
3	5.37 ^c ± 0.96	0.36 ^b ± 0.02	0.11 ^b ± 0.01	0.21 ^c ± 0.01	2.86 ^b ± 0.62	0.36 ^b ± 0.02	26.5 ^b ± 3.46	7.9 ^a ± 0.94	0.47 ^b ± 0.41

注:列中均值后字母不同者表示差异显著 (P < 0.05)。

Note: Treatment with the different letters are significantly different at 0.05 level in the same column.

2.2 短穗兔耳草基株的分布特征

将短穗兔耳草匍匐茎以粗度和长度为准划分,最长最粗者为第 1 条,依次类推划分为第 2 条、第 3 条等。在所统计的 3 个样地间的 121 个样本中,具 1 条和 2 条匍匐茎的基株数最多,都为 41 株,两者占总数的 66.8%;没有匍匐茎的次之,为 17 株,占

总数的 14%;有 3 条的为 14 株,占 11.5%, 4 条匍匐茎的短穗兔耳草基株的匍匐茎所占个体数最少,为 6.6%(表 3)。其中,在样地 1 尚无 3 条匍匐茎的短穗兔耳草基株出现,而样地 2 和样地 3 均出现 4 条以上匍匐茎的基株。可见,短穗兔耳草匍匐茎数目在不同样地间出现的概率不同。

表 3 各样地间不同匍匐茎数的短穗兔耳草基株分布特点

Table 3 Sample number and its proportion of *L. brachystachya* clone with different stolons in three different plots

匍匐茎数目 Stolon numbers	样地 1 Plot 1		样地 2 Plot 2		样地 3 Plot 3	
	样本数	比例 (%)	样本数	比例 (%)	样本数	比例 (%)
	Sample	Percentage	Sample	Percentage	Sample	Percentage
0	6	18.75	6	12.77	5	11.90
1	14	43.75	14	29.79	13	30.95
2	12	37.50	17	36.17	12	28.57
3	0		7	14.89	7	16.67
4	0		3	6.38	5	11.85
合计	32	100	47	100	42	100

2.3 基株和分株的高度、根长和叶片数

对 3 个样地具有不同匍匐茎数目的短穗兔耳草基株高度、根长和叶片数目进行对比分析发现,具 2 条或没有匍匐茎的短穗兔耳草基株高度和根长在样地 1 最小,而在样地 3 最大,而有 1 条匍匐茎的基株则没有这种趋势(表 4)。具 2 条和没有匍匐茎的短穗兔耳草基株高度在样地 3 显著高于样地 1,而样地 2 与其他 2 个样地间没有差异 (P < 0.05); 不同样地间没有和具有 1 条匍匐茎的短穗兔耳草基株根长分别在样地 1 段和样地 2 最短,与其他 2 个样地差异显著。具有不同匍匐茎数目短穗兔耳草基株叶片数目在不同样地间差异显著 (P < 0.05),但没有表现一致变化趋势;在样地 1 和样地 2 分别有 1 和 2 条匍匐茎基株的叶片数目最多;没有匍匐茎基株的叶

片数在不同样地间没有差异。除有 3 条匍匐茎,第 3 条匍匐茎上分株的高度在不同样地间没有差异外,样地 2 的不同匍匐茎上短穗兔耳草分株高度均高于其他 1 或 2 个样地,且二者差异显著 (P < 0.05)。具有 2 条匍匐茎基株,第 2 条匍匐茎上短穗兔耳草分株高度在样地 2 要比样地 1 和样地 3 分别高 1cm 和 1.1cm。具有 3 个匍匐茎的短穗兔耳草基株,其匍匐茎上短穗兔耳草分株根长在样地 2 和样地 3 间没有差异,而具有 1 或 2 个匍匐茎的基株,它的匍匐茎上短穗兔耳草分株根长差异明显。短穗兔耳草分株叶片数在不同样地间没有差异,同一样地短穗兔耳草基株和分株的高度、根长和叶片数都没有明显差异。

表4 短穗兔耳草基株和分株的高度、根长和叶片数

Table 4 The height, root length and leaf number of genet and ramet of *L. brachystachya* clone in three different plots

匍匐茎数 Stolon numbers	高度 Height (cm)			根长 Root length (cm)			叶片数 Leaf numbers		
	样地 1 Plot 1	样地 2 Plot 2	样地 3 Plot 3	样地 1 Plot 1	样地 2 Plot 2	样地 3 Plot 3	样地 1 Plot 1	样地 2 Plot 2	样地 3 Plot 3
基株 Genet									
0	3.1 ^b ±0.42	3.6 ^{ab} ±0.56	4.5 ^a ±0.84	6.3 ^b ±1.01	9.8 ^a ±2.12	11.1 ^a ±2.65	7.0 ^a ±2.10	6.6 ^a ±1.14	7.7 ^a ±1.21
1	3.9 ^a ±0.41	4.6 ^a ±1.11	4.2 ^a ±1.26	9.1 ^a ±1.13	7.2 ^b ±1.70	11.0 ^a ±1.87	7.4 ^a ±1.78	7.3 ^a ±1.73	5.8 ^b ±1.24
2	3.7 ^b ±0.69	4.6 ^{ab} ±0.78	5.2 ^a ±1.11	10.2 ^a ±2.11	10.7 ^a ±2.6	10.4 ^a ±2.82	6.3 ^b ±1.32	8.0 ^a ±2.24	7.0 ^{ab} ±2.02
3		4.34 ^a ±1.01	5.5 ^a ±0.88		10.4 ^a ±2.15	10.0 ^a ±3.10		7.6 ^a ±1.87	6.6 ^a ±1.16
分株 Ramet									
1(1)	1.9 ^b ±0.35	2.4 ^a ±0.34	2.6 ^a ±0.31	3.3 ^b ±0.89	5.0 ^a ±1.24	4.6 ^a ±0.34	3.7 ^a ±1.08	3.6 ^a ±0.24	4.0 ^a ±0.33
2(1)	2.1 ^b ±0.61	2.9 ^a ±0.56	1.9 ^b ±0.12	1.7 ^b ±0.82	6.7 ^a ±1.61	5.0 ^a ±1.21	4.0 ^a ±1.32	3.7 ^a ±0.43	4.2 ^a ±0.56
2(2)	1.4 ^b ±0.34	2.4 ^a ±0.92	1.3 ^b ±0.11	1.9 ^b ±0.97	6.4 ^a ±2.21	4.0 ^a ±0.97	3.5 ^a ±1.4	3.7 ^a ±0.37	3.9 ^a ±0.91
3(1)		2.7 ^a ±1.05	1.6 ^b ±0.17		5.3 ^a ±1.32	4.8 ^a ±0.67		4.3 ^a ±0.56	4.5 ^a ±0.74
3(2)		2.5 ^a ±0.94	1.4 ^b ±0.12		6.0 ^a ±1.03	4.4 ^a ±0.87		3.1 ^a ±0.32	3.4 ^a ±0.33
3(3)		1.2 ^a ±0.76	1.2 ^a ±0.21		3.6 ^a ±0.98	4.0 ^a ±0.32		3.0 ±0.25	3.5 ^a ±0.27

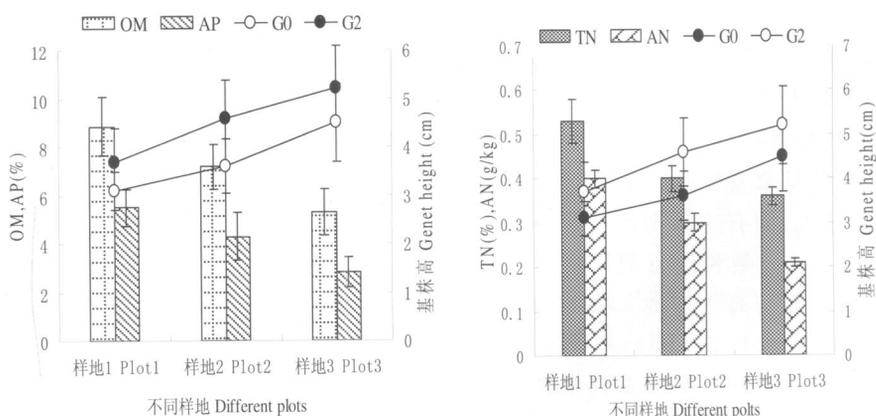
注: 括号外表示短穗兔耳草基株匍匐茎总数目, 括号内为第几条匍匐茎上分株; 行中相同指标均值后字母不同者差异显著 (P < 0.05), 下同。

Note: The number before parenthesis shows the total stolon numbers of *L. brachystachya* and the ramet in different stolon is showed by the number inside parenthesis. Treatment with the different letters in the same row are significantly different at 0.05 level, the same as below.

2.4 基株高度在不同样地土壤养分下变化趋势

各样地间有机质、全氮、速效钾和速效氮含量差异显著(表2), 并表现出在样地1最高、样地2次之、样地3含量最低的趋势(图1)。但是, 基株高度则表现出相反的变化趋势, 尤其是没有匍匐茎和具有2个匍匐茎的基株高度, 随着以上4个土壤养分含量的降低表现出上升趋势, 并且在样

地1和样地3之间显著差异(表4, 图1)。为了解土壤养分和短穗兔耳草基株高之间的关系, 对两者在3个样地间的4个养分指标进行了相关分析, 结果没有匍匐茎和具有2个匍匐茎的基株高度与土壤有机质之间的决定系数分别为0.31、0.24和0.48。



竖条表示标准偏差, G0 和 G2 分别表示没有和具有两条匍匐茎的基株高度。

Bars indicate standard deviation, G0 and G2 indicate the height of genets having no stolon and having 2 stolons respectively.

图1 不同土壤养分状况下具不同匍匐茎基株高度

Fig 1 The height of genet in different soil nutritional condition

2.5 匍匐茎的茎生叶片数目、长度和粗度

短穗兔耳草基株匍匐茎的茎生叶片数目、长度和粗度,在不同样地间的变化趋势如表 5 所示。短穗兔耳草匍匐茎粗度在不同样地间没有明显差异。具 1 条和 2 条中第 1 条匍匐茎茎生叶片数样地 1 明

显高于其他 2 个样地,而具 2 条中第 2 条和第 3 条匍匐茎的茎生叶数目在不同样地间没有差异。除了有 3 条匍匐茎中第 3 条之外,样地 2 匍匐茎长度明显小于样地 1 和样地 3。相同样地匍匐茎无性生长特性(茎生叶片数、长度和粗度)没有差异。

表 5 短穗兔耳草基株匍匐茎的茎生叶片数、长度和粗度
Table 5 The spacer and stolon of *L. brachystachya* clone in three different plots

匍匐茎数 Stolon numbers	茎生叶片数(片) Leaf numbers stem			长度 Length(cm)			粗度 Thickness(mm)		
	样地 1 Plot 1	样地 2 Plot 2	样地 3 Plot 3	样地 1 Plot 1	样地 2 Plot 2	样地 3 Plot 3	样地 1 Plot 1	样地 2 Plot 2	样地 3 Plot 3
1(1)	10.2 ^a ±2.2	7.8 ^b ±2.2	8.2 ^b ±2.4	14.2 ^a ±4.1	12.9 ^b ±4.8	14.2 ^a ±2.5	1.03 ^a ±0.07	1.05 ^a ±0.08	1.10 ^a ±0.08
2(1)	14.5 ^a ±2.8	8.3 ^b ±3.9	9.7 ^b ±3.1	15.1 ^a ±3.8	11.1 ^b ±3.7	17.1 ^a ±4.5	0.94 ^a ±0.09	1.02 ^a ±0.09	0.99 ^a ±0.09
2(2)	11.0 ^a ±3.1	8.5 ^b ±2.4	9.2 ^a ±3.7	13.7 ^a ±5.3	8.2 ^b ±3.4	12.2 ^a ±3.5	0.98 ^a ±0.07	0.92 ^a ±0.09	0.96 ^a ±0.08
3(1)		11.7 ^a ±2.1	11.3 ^a ±2.6		13.7 ^b ±4.3	20.3 ^a ±6.2		1.01 ^a ±0.08	1.02 ^a ±0.09
3(2)		10.3 ^a ±3.2	9.3 ^a ±3.2		12.3 ^b ±3.6	16.2 ^a ±3.8		0.96 ^a ±0.09	0.91 ^a ±0.07
3(3)		9.7 ^a ±3.7	8.6 ^a ±2.4		7.1 ^a ±2.8	9.1 ^a ±2.9		1.00 ^a ±0.07	0.96 ^a ±0.08

3 结论和讨论

形态可塑性是植物适应异质性资源生境的重要对策之一,体现在克隆植物的生长、形态变化及分株空间格局配置等^[12];植物通过克隆整合可使其无性系植株对所处小生境采取一系列适应和利用策略,从而影响植物的无性生长表现^[5,12]。据报道,绢毛匍匐委陵菜(*Potentilla reptans*)的分株数、叶片数和匍匐茎生物量在小尺度空间上与土壤有效磷含量的空间格局成显著正相关^[13];短穗兔耳草的匍匐茎长度与海拔高度之间则存在极显著二次多项式相关,匍匐茎长度在中间海拔高度最低而远离中间海拔高度的匍匐茎平均长度则逐渐增大,而其匍匐茎数则随海拔高度增加呈显著下降趋势^[9]。土壤养分资源及气候等均对克隆植物基株和分株的生长、匍匐茎数和茎生叶片数有不同程度影响,而克隆植物通过可塑性响应等一系列对策来应对异质性环境。

不同土壤养分条件下,短穗兔耳草的基株出现率、分株数目、匍匐茎长短和粗度及茎生叶不同。可能因在土壤养分资源丰富的样地,短穗兔耳草基株根系无需向下延伸就可满足其自身生长所需养分,故其基株根长和高度以及用于其风险分摊的无性系分株和匍匐茎数量远小或少于土壤养分资源较为匮乏的样地,从而表现出分株数目较少、分株较低和匍匐茎较短等无性生长特征。基株高度在不同样地间

的差异可能主要是由土壤养分的不同所致,特别是土壤速效养分,如速效磷和速效氮,它们与基株的高度呈现出一定的负线性相关。同样,短穗兔耳草其它无性生长特性对不同土壤养分资源的可塑性反应也不相同。本试验中样地 2 土壤养分条件介于样地 1 和样地 3 之间,基株匍匐茎无需延伸太远的距离就可以获得足够的养分来满足自身需要,而在样地 1 则需要寻觅未被其它植物占据的地面空间,样地 3 匍匐茎的延伸或许是出于留下基株附近的生境空间来给基株提供有效养分资源,匍匐茎只好在距离较远处进行觅食行为。因此,短穗兔耳草可通过改变匍匐茎长度、增减基株根长、调整匍匐茎的粗度、茎生叶片数,以及控制分株高度、分株数目和分株根长等一系列具体形态特性用以适应其在高寒草甸不同养分资源状况下的适合度,降低基株潜在死亡风险,增加成活率。短穗兔耳草的无性生长特性是其对不同养分资源条件的响应,也进一步验证了克隆植物通过克隆生长和形态可塑性来达到在异质性生境中获取有效资源的能力^[2-3]。

周华坤等认为^[14],短穗兔耳草可作为高寒草甸不同退化阶段的主要指示种之一。但是,由于短穗兔耳草自身的生长特性及其对不同土壤营养库特性的积极响应,某种程度上其可能起到阻止高寒草甸向退化方向演替的作用,所以短穗兔耳草在高寒草甸退化演替中究竟是以指示者还是阻止者的身份出

现,目前尚没有定论,需进一步研究证实。

参考文献(References):

- [1] 董鸣,于飞海. 克隆植物生态学术语和概念[J]. 植物生态学报,2007,31(4):489-694.
Dong Ming, Yu Feihai. Concept and terms of conal plant ecology[J]. *Acta Phytoecologica Sinica*, 2007, 31(4): 489-694.
- [2] 单保庆,杜国祯,刘振恒. 不同养分条件下和不同生境类型中根茎草本黄帚橐吾的克隆生长[J]. 植物生态学报,2000,24(1):46-51.
Shan Baoqing, Du Guozhen, Liu Zhenheng. Clonal growth of *Ligularia virgaurea*: morphological responses to nutritional variation[J]. *Acta Phytoecologica Sinica*, 2000, 24(1): 46-51.
- [3] 王艳红,王珂,邢福. 匍匐茎草本植物形态可塑性、整合作用与觅食行为研究进展[J]. 生态学杂志,2005,24(1):70-74.
Wang Yanhong, Wang Ke, Xing Fu. Advance of studies on the morphological plasticity, integration and foraging behavior of stoloniferous herbaceous plants[J]. *China Journal of Ecology*, 2005, 24(1): 70-74.
- [4] 董鸣. 资源异质性环境中的植物克隆生长:觅食行为[J]. 植物学报,1996,38(10):828-835.
Dong Ming. Clonal growth in plants in relation to resource heterogeneity: foraging behavior [J]. *Acta Botanica Sinica*, 1996, 38(10):828-835.
- [5] 刘振国,李镇清,富兰克,董鸣. 不同放牧强度下星毛委陵菜种群小尺度空间格局[J]. 应用与环境生物学报,2006,12(3):308-312.
Liu Zhenguo, Li Zhenqing, Fu Lanke, Dong Ming. Small-scale spatial pattern of *Potentilla acaulis* population under different grazing intensity[J]. *Chin J Appl Environ Biol*, 2006, 12(3): 308-312.
- [6] 郭本兆. 青海经济植物志[M]. 西宁:青海人民出版社,1987.
Guo Benzha. Qinghai economical botany[M]. Xining: *Qinghai People's Press*, 1987.
- [7] 周华坤,赵亮,赵新全,韩发,周立. 短穗兔耳草的克隆生长特性[J]. 草业科学,2006,23(12):60-64.
Zhou Huakun, Zhao Liang, Zhao Xinquan, Han Fa, Zhou Li. Characteristics of clonal growth of *Lagotis brachystachya*[J]. *Pratacultural Scinece*, 2006,23(12):60-64.
- [8] 淮虎银,魏万红,张镜铨. 短穗兔耳草基株大小对其克隆生长特征的影响[J]. 生态科学,2006,25(4):294-298.
Huai Huyin, Wei Wanhong, Zhang Yili. Effects of dry weight of *Lagotis brachystachya* genet on its clonal growth[J]. *Ecologic Science*, 2006, 25(4):294-298.
- [9] 淮虎银,魏万红,张镜铨,杨传旭. 不同海拔高度短穗兔耳草克隆生长和克隆繁殖的特征[J]. 应用与环境生物学报,2005,11(1):18-22.
Huai Huyin, Wei Wanhong, Zhang Yili, Yang Zhuaxu. Characteristics of clonal growth and reproduction of *Lagotis brachystachya* at different altitudes[J]. *Chin J Appl Environ Biol*, 2005, 11(1): 18-22.
- [10] 周华坤,韩发,周立,赵新全,刘伟. 高寒草甸退化对短穗兔耳草克隆生长特征的影响[J]. 生态学杂志,2006,25(8):873-879.
Zhou Huakun, Han Fa, Zhou Li, Zhao Xinquan, Liu wei. Effects of alpine meadow degradation on clonal growth characteristics of *Lagotis brachystachya*[J]. *China Journal of Ecology*, 2006, 25(8): 873-879.
- [11] 杨云裳,张应鹏,马兴铭,李春雷. 藏药短穗兔耳草有效部位的抑菌活性研究[J]. 李时珍国医国药,2006,17(10):1884-1885.
Yang Yunchang, Zhang Yingpeng, Ma Xingming, Li Chunlei. Study on antibacterial activity of *Lagotis brachystachya Maxim*[J]. *Lishizhen Medicine and Material Research*, 2006, 17(10): 1884-1885.
- [12] Slade AJ, Hutchings MJ. The effects of nutrient availability on foraging in the clonal herb *glechoma hederacea*[J]. *Journal of Ecology*, 1987, 75(1):95-112.
- [13] 梁士楚,张淑敏,于飞海,董鸣. 绢毛匍匐委陵菜与土壤有效磷的小尺度空间相关分析[J]. 植物生态学报,2007,31(4):613-618.
Liang Shichu, Zhang Shumin, Yu Feihai, Dong Ming. Small-scale spatial cross-correlation ramet population variables *Potentilla reptans* var. *Sericophylla* and soil available phosphorus[J]. *Acta Phytoecologica Sinica*, 31, 613-618.
- [14] 周华坤,周立,赵新全. 江河源区“黑土滩”型退化草场的形成过程与综合治理[J]. 生态学杂志,2003,22(8):51-55.
Zhou Huakun, Zhou Li, Zhao Xinquan. The degraded process and integrated treatment of 'black soil beach' type degraded grassland in the source regions of Yangtze and Yellow Rivers[J]. *China Journal of Ecology*, 2003, 22(8): 51-55.

Response of Clonal Growth of *Lagotis brachystachya* to Degradation of Soil Nutrition Bank in High-cold Meadow

SUN Tao¹, WANG Yan-long², SHI Jian-jun², ZHAO Jing-xue³, SHANG Zhan-huan³

- (1. Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China;
2. Institute of Grassland Science, Qinghai Academy of Animal and Veterinary Science, Xining 810003, China;
3. International Centre for Tibetan Plateau Ecosystem Management, College of Pastoral Agriculture Science and Technology, Lanzhou University, Lanzhou 730020, China)

Abstract : The clonal properties (the height, root length, leaf numbers of genet and ramet as well as the length, thickness and leaf numbers on stem) of *L. brachystachya* were investigated under the background of change of soil nutrition bank in degraded high-cold meadow, the results indicated that the clonal properties of *L. brachystachya* varied with the richness of nutritional resource in soil and its foraging behavior was affected obviously by environment heterogeneity. In different soil nutrition plots, the arisen probability of *L. brachystachya*, thickness of stolon, as well as the height, root length and leaf numbers of ramet in stolons were different, the same varying trend also occurred in the height, root length and leaf numbers of genet. The height of genets having no stolon or possessing two stolons were obviously higher in plots where nutritional resource was rich, and there was linear relationship to some degree between available K, N and the height of genet. The roots of ramet and genet without stolon in plots that were rich in soil nutrition were significantly less than these in plots that were poor in soil nutrition, while their leaf numbers did not show the same varying trend. The leaf numbers in stem of the first one of the two stolons and the only one were the most in plots possessing abundant soil nutrition, and the thickness of stolons did not show any difference. There was no significant difference among genets and stolon of *L. brachystachya* and ramet of stolon in same soil nutrition. Therefore, the clonal growing characteristics of *L. brachystachya* was closely correlated to the nutritional resource of environment, which was a kind of plant of adapting the change of environment heterogeneity.

Key words : High-cold meadow; Nutritional resource; *Lagotis brachystachya*; Morphological plasticity; Environment heterogeneity