

# 东灵山亚高山草甸退化等级与植物特征

赵陟峰<sup>1,2</sup>, 蔡飞<sup>1</sup>, 李俊清<sup>2</sup>, 周杰<sup>1</sup>

(1. 北京林大林业科技股份有限公司博士后工作分站, 北京 100083; 2. 北京林业大学, 北京 100083)

**摘要:** [目的] 探索东灵山亚高山草甸的退化等级与植被特征, 为该区生态系统的保护和可持续利用提供理论依据和技术支持。[方法] 采用样方调查法研究东灵山亚高山草甸的植被特征。根据退化程度分级, 并通过从优势种变化、物种多样性和地上生物量等参数, 比较分析不同退化程度亚高山草甸的退化特征。[结果] 人类活动是草甸退化的主要影响因子, 退化最严重的区域位于海拔 2 100~2 200 m 的位置; 按照人为干扰程度和草甸植被覆盖度, 将退化亚高山草甸划分为重度退化、中度退化、轻度退化和无明显退化 4 个等级。[结论] 随着退化程度加重物种数呈减少趋势, Shannon—Weiner 指数、Pielou 指数和 Simpson's 指数均逐渐降低, 地上生物量也相应减少。其中无明显退化草甸的物种数为 28, 优势种主要有卵穗苔草、地榆、珠芽蓼、矮紫苞鸢尾、紫苞风毛菊等, 地上生物量是 516.4 g/m<sup>2</sup>; 而重度退化草甸的物种数仅 14 种, 地上生物量为 58.3 g/m<sup>2</sup>, 平车前和蒲公英变为优势种。

**关键词:** 亚高山草甸; 植被特征; 生物量; 退化; 物种多样性

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2015)04-0324-05

中图分类号: S812.8

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2015.04.056

## Degradation Degree and Vegetation Characteristics of Subalpine Meadows in Dongling Mountain

ZHAO Zhifeng<sup>1,2</sup>, CAI Fei<sup>1</sup>, LI Junqing<sup>2</sup>, ZHOU Jie<sup>1</sup>

(1. Postdoctoral Work Stations of Beijing Forestry University Forestry Science Company Ltd., Beijing 100083, China; 2. Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** [Objective] The research explored the degradation degree and vegetation characteristics of subalpine meadow in Dongling mountain in order to provide scientific basis and technological guide for ecosystem protection and sustainable use of resources. [Methods] Quadrat survey method was used. Based on the degree of vegetation degradation, the vegetation characteristics of subalpine meadow with different degradation degree were compared and analyzed according to the surveyed variables including the variation of dominant species, species diversity and the aboveground biomass, etc. [Results] Human activity was the main influence factor of the meadow degradation, and the most serious degraded area was at altitude of 2 100~2 200 m. According to the degree of human interference and vegetation coverage, subalpine meadow could be divided into four levels: severe degradation, moderate degradation, mild degradation and non-obvious degradation. [Conclusion] With the aggravation of degradation, species showed a decrease trend, so did the Shannon-Weiner index, Pielou index and Simpson's index, and the above ground biomass also reduced accordingly. In non-obvious degradation subalpine meadow, the number of species was 28, the dominant species were mainly *Carex duriuscula*, *Sanguisorba officinalis*, *Polygonum viviparum*, *Iris tectorum*, *Saussurea iodostegia* etc., the aboveground biomass was 516.4 g/m<sup>2</sup>; while in severely degraded meadow, the number of species reduced to 14, the aboveground biomass was 58.3 g/m<sup>2</sup>, the dominant species were *Plantago depressa* and *Taraxacum mongolicum*.

**Keywords:** subalpine meadows; vegetation characteristics; biomass; degradation; species diversity

草甸是以中生或者旱生草本为主的植被类型, 一般分布在海拔 3 000~4 000 m 范围内<sup>[1]</sup>, 而分布在北京西部东灵山的亚高山草甸最低海拔为 1 700 m, 如此低海拔的分布在全球都是罕见的, 同时它也是亚

收稿日期: 2014-06-20

修回日期: 2014-06-25

资助项目: 中国博士后科学基金项目“东灵山退化亚高山草甸植被恢复关键技术研究”(2014M550625); 北京市科技计划项目(Z141100006014039)

第一作者: 赵陟峰(1982—), 男(汉族), 山西省宁武县人, 博士, 研究方向为生态恢复与水土保持。E-mail: 115631919@163.com。

高山草甸在我国分布的最东界,在北京地区植被资源中占有特殊地位<sup>[2]</sup>。亚高山草甸具有景观异质性、自然生态的复杂性、物种特有性等特点,在山地旅游中已成为倍受关注的景观产品<sup>[3-5]</sup>。东灵山草甸以一年生生物种为主,主要是禾本科、莎草科等苔草,生态系统的结构和功能相对单一,对环境很敏感,遭到外力干扰时容易退化<sup>[6-7]</sup>。随着近年来东灵山地区旅游业的发展,使亚高山草甸植被遭受到了前所未有的破坏,许多过去亚高山草甸茂密的地段变成了土壤裸露的地段,局部地区水土流失现象严重,侵蚀强烈地区有较多的风化碎石出露,或者下切强烈,形成侵蚀沟<sup>[8]</sup>。游客在游览时踏出小路,雨季小路周围被雨水冲刷出侵蚀沟,有的宽度达几十米,并且还有不断扩大的趋势,水土流失十分严重<sup>[9]</sup>。旅游业的发展带动马匹载客活动的发展,马匹的践踏与啃食植被加剧了生态系统退化的速度,使许多地段的亚高山草甸严重退化<sup>[10-11]</sup>。如果再不进行保育与恢复,北京地区这一独特的亚高山草甸植被景观将会在不久的将来消失<sup>[12]</sup>。因此,了解东灵山亚高山草甸植被退化的特点,对于采取有效措施保护东灵山亚高山草甸和维持当地生态环境可持续发展具有重要的现实意义。本研究在对东灵山亚高山草甸植被现状调查的基础上,分析退化草甸植被的特征,并划分草甸退化等级。以期提出不同退化等级亚高山草甸的保育对策,为东灵山亚高山草甸生态系统的保护和可持续利用提供理论依据和技术支持。

## 1 研究区概况

研究区位于北京市西北的门头沟区东灵山地区,位于北纬 39°48′—40°00′,东经 115°24′—115°36′,东灵山为小五台山余脉,属太行山系砂岩中山区,最高峰海拔 2 303 m。研究区冬季寒冷多风且干燥,夏季温热多雨,春季干旱,风沙盛行,秋季晴朗少风,寒暖适中但雨量偏少,为典型暖温带大陆性季风气候。年平均气温 5~11℃,最热的气温出现在 7 月,最冷月份是 1 月;全年无霜期约为 195 d。年降水为 500~650 mm,6—8 这 3 个月的降水量占全年降水量的 74%。东灵山地区在全国土壤区划中属于褐色土地带,在地质构造上位于华北陆地中部的燕山沉降带,岩石种类比较齐全,包括多种沉积岩、变质岩和火成岩,地貌以山地侵蚀结构类型为主。在植被区划上,该区属暖温带落叶阔叶林区,具有明显的暖温带落叶阔叶林区域北部亚带的植被特征。东灵山亚高山草甸位于海拔 1 700~2 200 m 的亚高山,坡度 10°~30°,坡向阴、阳都有,气候寒冷,水分中等较湿,发育

着亚高山草甸土。植被为根系密集的亚高山草甸,以矮丛苔草(*Carex humilis*)、异穗苔草(*C. heterostachya*)为主,还有地榆(*Sanguisorba officinalis*)、胭脂花(*Primula maximowiczii*)、黄花菜(*Hemerocallis citrina*)、毛茛(*Ranunculus japonicus*)、金莲花(*Trollius chinensis*)、京假报春花(*Cortusa matthioli*)、华北耧斗菜(*Aquilegia yabeana*)、华北马先蒿(*Pedicularis tatarinowii*)、假水生龙胆(*Gentiana pseudoaquatica*)、蒲公英(*Taraxacum mongolicum*)、梅花草(*Parnassia palustris*)、拳蓼(*Polygonum bistorta*)、紫花野菊(*Dendranthema zawadskii*)等。

## 2 研究方法

### 2.1 植被调查

采用样方调查法,在对东灵山亚高山草甸整体踏查的基础上选取代表性的区域设置样方,于 2013 年 8 月进行样方调查。调查主要包括草本植物的种类、株数、均高、盖度、地上生物量等,在进行植被调查时同时记录各个样地所在的地理坐标、海拔、坡度、坡位、坡向、群落类型、土壤类型、优势种、人为扰动程度等基本信息。

### 2.2 数据处理

植被盖度指植物群落总体或各个体的地上部份的垂直投影面积与样方面积之比的百分数。本次调查采用草本靠近地表的地上部分垂直投影所覆盖的面积占样方面积的百分比来计算植被盖度。

Shannon—Wiener 多样性指数作为生物群落的多样性指数,预测从群落中随机抽出一个个体的种的不定性。其计算公式为:

$$H' = \sum_{i=1}^S p_i \lg p_i$$

Pielou 指数又称均匀度指数,表示样方中各个个体数间的差异,可以定义为群落中不同物种分布的均匀程度。计算公式为:

$$J = H' / \ln S$$

Simpson's 指数又称优势度指数,是指从随机抽取的两个个体不再放回集合之中,如果这两个个体属于同一物种的概率越大,即  $D$  值越小,则说明其集中性越高,多样性程度越低。其计算公式为:

$$D_s = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2$$

式中: $S$ ——群落内的物种数; $N$ ——群落内各物种的个体总数量; $N_i$ ——群落内  $i$  物种的个体数量; $p_i = N_i / N$ ,  $p_i$ —— $i$  物种的个体数量与群落内各物种个体总数的比例。

采用烘干称重法测定地上生物量。收获样方内草本植物的地上部分,在烘箱中烘至恒重,用分析天平称量,计算地上生物量。

采用 Excel 软件进行数据的处理和图表的制作。

### 3 结果与分析

#### 3.1 东灵山亚高山草甸退化特征

本次调查从海拔 1 500 m 起直到东灵山主峰(2 303 m),从众多调查样地中选择了 13 块最具代表性的样方进行比较分析(表 1),植被盖度最低的样地仅为 25%。东灵山亚高山草甸的退化是人类活动与自然因素共同作用的结果,其中人类活动是主要影响因素,人为干扰活动为重度和中度的区域,草甸退化严重。退化的主要原因是长时间的过度践踏,游客骑马代步登山加剧了草甸的退化,马匹的践踏破坏了原

有的草甸植被,使亚高山草甸出现斑块状退化,东灵山亚高山草甸原本土层较薄,失去地表植物的覆盖和保护后,在雨水和大风的作用下产生了不同程度的水土流失现象。在登山石阶是游人的主要活动路径,在石阶两侧 50 m 的范围内断断续续分布着地表裸露的退化亚高山草甸斑块,部分区域顺水流的方向形成大大小小的侵蚀沟,退化最严重的区域位于海拔 2 100~2 200 m 的位置,表层土壤流失严重,出现了大量岩石裸露。退化面积最大的区域位于六郎山和主峰之间地貌平缓的部位,面积约  $1.60 \times 10^5 \text{ m}^2$ ,该区分布着密度较大的旅游路径,大量的侵蚀沟在这里发育,最大的侵蚀沟宽度达到 10 m,深 1 m,而且还有发展的潜力。因此,急需针对不同退化情况提出合理的治理措施,恢复东灵山亚高山草甸植被,保证生态环境及旅游的可持续发展。

表 1 东灵山亚高山草甸样方信息

样方编号	经度	纬度	海拔/m	坡度/(°)	坡向	坡位	人为干扰程度	盖度/%
1	115°27.230'E	40°01.871'N	2 287	15	NW	坡上	轻度	80
2	115°27.993'E	40°01.889'N	2 222	13	S	坡上	中度	65
3	115°27.303'E	40°01.855'N	2 219	20	NE	坡上	重度	25
4	115°28.090'E	40°01.968'N	2 187	11	NE	坡上	重度	30
5	115°27.675'E	40°01.915'N	2 167	20	NE	坡上	轻度	95
6	115°28.383'E	40°02.045'N	2 099	25	NE	坡上	中度	65
7	115°38.056'E	40°02.033'N	2 063	15	NW	坡中	重度	55
8	115°28.577'E	40°02.234'N	1 913	25	NE	坡中	轻度	80
9	115°29.103'E	40°02.157'N	1 904	21	NE	坡中	轻度	95
10	115°29.139'E	40°02.297'N	1 827	22	SE	坡中	轻度	85
11	115°31.037'E	40°03.185'N	1 822	15	NE	坡中	中度	70
12	115°29.638'E	40°02.337'N	1 608	34	SE	坡下	轻度	95
13	E115°29.822'E	40°02.420'N	1 584	15	SE	坡下	中度	65

#### 3.2 东灵山亚高山草甸退化等级划分

根据调查结果,参照纪磊等<sup>[4]</sup>对退化亚高山草甸的分级标准,主要按照人为干扰程度和草甸植被覆盖度(表 1),将东灵山退化亚高山草甸划分为重度退化、中度退化、轻度退化和无明显退化 4 个等级,各退化等级的特征详见表 2。由表 2 可知,样方 5,9,12 的植被盖度均大于 90%,属无明显退化;样方 1,8,10 的植被盖度在 75%~90%之间,属轻度退化;样方 2,6,11,13 的植被盖度在 60%~75%之间,属中度退化;样方 3,4,7 的植被盖度均在 60%以下,属于重度退化。可见,距离旅游路径较远、人为干扰程度为轻度的亚高山草甸,退化等级大多表现为轻度或无明显退化。

此外,海拔 1 900 m 以下的区域因为有索道代

步,游客对草甸的践踏相对较少,因而调查中发现分布在海拔 1 900 m 以下的样方中属于无明显退化和轻度退化草甸的数量较多。海拔 2 000 m 以上的区域中度退化和重度退化亚高山草甸分布较多,特别是在海拔 2 100~2 200 m 之间,坡度较少,地形比较平缓的区域,因为地势平坦游客和马匹多在此处逗留,对植被践踏过度,造成植被退化。地表裸露后遇到降雨很容易形成地表径流,产生面蚀、沟蚀等水土流失现象。若不及时治理,侵蚀沟逐渐发育不仅破坏景观,而且会威胁生态安全。

#### 3.3 不同退化程度亚高山草甸的植被特征

3.3.1 物种数量与优势种 物种多样性的变化反映了群落组成、结构甚至是功能上的变化。东灵山原来的亚高山草甸属于比较稳定的生态系统,具有一定的

自我调节功能,但目前游客和马匹活动对草甸生态系统的压力的已超出了这种自我调节能力,导致亚高山草甸物种数量减少,优势种发生了变化。由图 1 可知,无明显退化草甸的物种数为 28,重度退化草甸的

物种数为 14 种,仅为无明显退化的 1/2;轻度退化和中度退化草甸的植物种数量分别为 25 和 20 种。可见,随着退化程度的加大,东灵山亚高山草甸的植物种数量减少。

表 2 东灵山亚高山草甸退化程度及特征描述

退化等级	样方编号	植被盖度/%	人为干扰程度	特征描述
无明显退化	5,9,12	>90	轻度	亚高山草甸植被基本处于自然原始状态,距离旅游路径较远,很少有游客及牲畜践踏,草甸地表几乎无裸斑,无侵蚀沟分布
轻度退化	1,8,10	75~90	轻度	亚高山草甸植被受到一定程度的破坏,游客及牲畜践踏较少,草甸地表存在少量裸露,存在水土流失现象但无明显侵蚀沟分布
中度退化	2,6,11,13	60~75	中度	亚高山草甸植被受到进一步的破坏,游客及牲畜践踏较多,草甸地表出现大量裸斑但无岩石裸露,水土流失较轻,有少量侵蚀沟分布
重度退化	3,4,7	<60	重度	亚高山草甸植被受到严重破坏,游客及牲畜践踏过度,出现大片裸地或岩石裸露,水土流失现象严重,有较多侵蚀沟分布

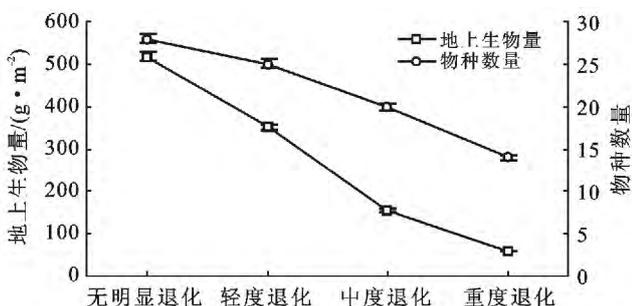


图 1 东灵山亚高山草甸不同退化等级的物种数量

随着退化等级的提高,东灵山亚高山草甸植物的优势种也相应地发生变化,1,2 年生植物所占的比例在增加。重度退化草甸的物种结构简单,优势种通常为 1~2 种植物,且多为 1,2 年生植物,东灵山重度退化亚高山草甸最常见的优势种是平车前 (*Plantago depressa*) 和蒲公英,在一些群落的优势种还有扁蓄 (*Polygonum aviculare*) 和卵穗苔草 (*Carex duriuscula*) 等。卵穗苔草和珠芽蓼 (*Polygonum viviparum*) 是中度退化草甸最常见的优势植物,而平车前和蒲公英也经常成为群落中的优势种。轻度退化草甸中,优势种的种类和组成较中度退化草甸丰富,卵穗苔草、百花山鹅观草 (*Roegneria turczaninovi* var. *pohuashanensis*)、地榆和珠芽蓼成为常见的优势种,平车前和蒲公英虽然有一定的盖度,但不能成为优势种。无明显退化草甸常见的优势植物种主要有卵穗苔草、地榆、矮紫苞鸢尾 (*Iris tectorum*)、紫苞风毛菊 (*Saussurea iodostegia*)、瓣蕊唐松草 (*Thalictrum tenue*)、珠芽蓼、雪白委陵菜 (*Potentilla nivea*)、蓬子菜 (*Galium verum*) 等。车前和蒲公英等也有分布,但并不是优势种。

3.3.2 地上生物量与生物多样性 由图 1 可知,无明显退化亚高山草甸的地上生物量为 516.4 g/m<sup>2</sup>,而轻度退化草甸的地上生物量减少为 351.7 g/m<sup>2</sup>,这是因为与无明显退化草甸相比轻度退化草甸的覆盖度和植株高度均有所下降。中度退化草甸和重度退化草甸的地上生物量分别是 154.9 和 58.3 g/m<sup>2</sup>,低于李炜民等<sup>[6]</sup>对东灵山风景区中度退化 (160.75 g/m<sup>2</sup>) 和重度退化 (64.72 g/m<sup>2</sup>) 草甸的评价结果,可见东灵山亚高山草甸还处于退化过程中,中度和重度退化草甸的退化程度正在加剧。

不同退化程度亚高山草甸生物多样性指数的比较显示(表 3),随着退化程度的加重 Shannon—Weiner 指数逐渐降低,无明显退化草甸的 Shannon—Weiner 指数为 2.476 5,而重度退化降低到 1.298 8,可见草甸退化使物种的丰富度减少;Pielou 指数和 Simpson's 指数随着退化程度的加重也呈减少趋势,这是因为草甸退化使得群落均匀度减小,植被优势度分配不均匀,随机取样的两个个体属于不同种的概率降低。重度退化草甸的 Simpson's 指数仅为 0.531 3,通常认为 Simpson's 指数低于或接近 0.5 时群落稳定性较差,东灵山亚高山草甸物种多样性的下降已使草甸生态系统的稳定性降低,必须采取有效措施,防止进一步退化。

#### 4 结论与讨论

(1) 人类活动是东灵山亚高山草甸退化的主要影响因子,退化的主要原因是长时间的过度践踏,退化最严重的区域位于海拔 2 100~2 200 m 的位置,退化面积最大的区域位于六郎山和主峰之间地貌平缓

的部位。李炜民等<sup>[9]</sup>的研究表明东灵山整体土壤侵蚀强度为Ⅱ级,但海拔 1 700~2 300 m 的位置,有

22.72%的区域土壤侵蚀强度达到Ⅲ级,可见东灵山下高山草甸退化区域与土壤侵蚀的区域一致。

表 3 不同退化程度亚高山草甸生物多样性指数

退化等级	Shannon—Weiner 指数	Pielou 指数	Simpson's 指数
无明显退化	2.476 5±0.083 2	1.382 2±0.113 5	0.809 0±0.067 2
轻度退化	2.149 6±0.056 1	1.335 6±0.140 9	0.760 1±0.201 8
中度退化	1.827 5±0.124 3	1.318 3±0.185 4	0.692 5±0.173 9
重度退化	1.298 8±0.173 8	1.182 2±0.200 6	0.531 3±0.168 1

注:表内数值为平均值±标准差。

(2) 李炜民等<sup>[6]</sup>采用去趋势典范对应排序分析(DCCA)方法,将东灵山草甸植被退化等级划分为重度退化、中度退化、轻度退化和常规干扰草甸 4 级。本研究按照人为干扰程度和草甸植被覆盖度,将退化亚高山草甸划分为重度退化(重度人为干扰,植被盖度小于 60%)、中度退化(中度人为干扰,植被盖度在 60%~75%之间)、轻度退化(轻度人为干扰,植被盖度在 75%~90%之间)和无明显退化(植被盖度大于 90%)4 个等级,这与李炜民的研究结果相似。

(3) 随着退化程度加重物种数呈减少趋势,优势种发生较大变化,生物多样性指数均逐渐降低,地上生物量也相应减少。东灵山无明显退化草甸的物种数为 28,优势种主要有卵穗苔草、地榆、珠芽蓼、矮紫苞鸢尾、紫苞风毛菊等;地上生物量是 516.4 g/m<sup>2</sup>,略高于李炜民等<sup>[6]</sup>测得的常规干扰条件下东灵山亚高山草甸的生物量(501.95 g/m<sup>2</sup>),远低于纪磊等<sup>[4]</sup>对川西北亚高山草甸的生物量研究的结果(1 151.20 g/m<sup>2</sup>)。而重度退化草甸的物种数仅 14 种,平车前和蒲公英变为优势种;地上生物量为 58.3 g/m<sup>2</sup>,低于东灵山 2007 年重度退化草甸的生物量(64.72 g/m<sup>2</sup>),同样远低于同等条件下其他重度退化亚高山草甸的生物量。

(4) 东灵山亚高山草甸的退化已使草甸生态系统的稳定性降低,必须针对不同退化情况采取合理的治理措施,防止进一步退化,保证生态环境及旅游的可持续发展。

#### [参 考 文 献]

- [1] 侯学煌. 中国的植被[M]. 北京:人民教育出版社,1960.
- [2] 李薇,潘祺志,唐海萍. 北京东灵山下高山草甸旅游开发与保护研究[J]. 资源开发与市场,2007,23(1):81-83.
- [3] 高贤明,马克平,陈灵芝,等. 旅游对北京东灵山下高山草甸物种多样性影响的初步研究[J]. 生物多样性,2002,10(2):189-195.
- [4] 纪磊,干友民,罗元佳,等. 川西北不同退化程度高山草甸和亚高山草甸的植被特征[J]. 草业科学,2011,28(6):1101-1105.
- [5] 张秀云,姚玉璧,王润元. 亚高山草甸类草地退化评估及草地保护对策[J]. 水土保持通报,2009,28(6):142-145.
- [6] 李炜民,江源,李延明,等. 东灵山风景区草甸资源退化评价及管理措施[J]. 资源科学,2007,29(4):70-76.
- [7] 向春玲,张金屯. 东灵山下高山草甸物种多样性变化及其影响因子[J]. 北京师范大学学报:自然科学版,2009,45(3):275-278.
- [8] 谢军飞,李延明. 东灵山景区植被恢复实践中的气象要素的特征分析[J]. 水土保持研究,2007,14(6):62-65.
- [9] 李炜民,谢军飞,李晓兵,等. 东灵山一百花山景区土壤侵蚀的安全评价[J]. 西北林学院学报,2007,22(4):62-65.
- [10] 向春玲,张金屯. 东灵山下高山草甸优势种的点格局分析[J]. 草业科学,2013,30(2):317-321.
- [11] 许志信,张晓明. 草甸草原植被利用强度对水土流失影响的研究[J]. 内蒙古农业大学学报:自然科学版,2001,22(1):68-73.
- [12] 江源,赵海霞,刘肖骢,等. 人类活动对北京东灵山下高山草甸植被的影响及草甸植被的保育对策[J]. 地球科学进展,2002,17(2):235-240.