

DOI:10.16742/j.zgcdxb.20180268

# 放牧强度对高寒草甸植物叶片生态化学计量特征的影响

高巧静<sup>1</sup>, 朱文琰<sup>2</sup>, 侯将将<sup>1</sup>, 王娅琳<sup>1</sup>, 赵新全<sup>3</sup>, 徐世晓<sup>3</sup>, 孙平<sup>1,\*</sup>

(1. 河南科技大学动物科技学院, 河南 洛阳 471003; 2. 河南科技大学林学院, 河南 洛阳 471003;  
3. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810008)

**摘要:**在青藏高原高寒草甸封育、适度放牧、重度放牧 3 种放牧强度中, 选取并测定了异针茅、麻花苳、蒲公英 3 种植物叶片中 C、N、P 的含量, 探讨了植物叶片的化学计量特征对不同放牧强度的响应机制。结果表明: 3 种植物叶片在不同放牧强度样地中 C 含量无差异; 3 种植物叶片 N、P 含量在重度放牧草地中高于其他两种放牧强度, 且重度放牧草地整体受 N 限制, 其他两种草地植物受 P 限制; 重度放牧草地的 C/P、N/P 比值显著低于其他两种草地放牧强度中的比值, 说明重度放牧草地 3 种植物采取了快速生长策略, 而且不同物种在不同生境中受养分限制的程度不同。以上结果说明草地的放牧强度不同, 在很大程度上间接改变植物对养分的利用状况, 不同植物对相同生境有不同的适应策略。

**关键词:**高寒草甸; 放牧强度; 化学计量特征

中图分类号: S812 文献标识码: A 文章编号: 1673-5021(2019)03-0045-06

草地是世界上分布最广的植被类型之一, 是陆地生态系统的重要组成部分。我国草地面积达 4 亿  $\text{hm}^2$ , 占全国国土面积的 41.7%<sup>[1]</sup>。草地健康稳定的发展对于牧区的经济发展及生态环境的安全起着非常重要的作用, 但近年来, 由于人类活动的干扰和全球气候的变化中国天然草地 90% 发生了不同程度的退化<sup>[2]</sup>。放牧是天然草地利用的主要方式之一, 同时也是一种典型的人为干扰类型<sup>[3]</sup>。草地生态系统中, 植物的叶片是动物采食的主要对象之一, 对放牧的响应最为敏感<sup>[4]</sup>。叶片作为植物的重要器官, 对植物的生长、发育都有极其重要的意义。放牧不仅能够刺激牧草的生长, 还可以促进地上 N、P 元素向幼嫩器官重新分配, 从而使放牧草地地上生物量和 N、P 含量增加<sup>[5]</sup>。放牧不仅会改变植物地上部分的形态和功能, 同时 C 同化和积累能力也会发生变化。

C、N、P 在植物生长过程中发挥着重要作用, 其中 C 是组成植物个体内干物质的最主要元素, 而 N 与 P 是植物体内各种遗传物质和蛋白质的重要组成部分。C/N 和 C/P 作为重要的生理指标, 反映了植物生长速度, 并与植物对 N 和 P 的利用效率有关。N/P 可以作为对生产力起限制性作用的营养元素的指示剂<sup>[6]</sup>, 因此生态化学计量学的研究为了解植物生长状况提供有效手段。总之, 不同的放牧强度影响着草地植物的多样性、牧草质量等一系列问题。生态化学计量学可以很好的评估草地生长状况, 因此生态化学计量学研究为探究人类活动对草

地植物生长提供了有效的手段。过度放牧是人类施于草地生态系统最强大的影响因素, 全世界约有 35% 的草地退化是由过度放牧造成的<sup>[7]</sup>。过度放牧使贵南县的天然草地、生态环境受到很大影响, 甚至限制该地区的经济发展并破坏生态系统稳定<sup>[8]</sup>。本研究在贵南县 3 种草地放牧强度中, 选择 3 种植物叶片的化学计量特征进行分析, 为草地生态系统的健康和科学管理提供科学参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

本研究区位于青海省东北部贵南县, 地处西倾山与黄河之间, 地理坐标为东经  $100^{\circ}13' \sim 101^{\circ}33'$ 、北纬  $35^{\circ}09' \sim 36^{\circ}08'$ , 总面积  $6649.7 \text{ km}^2$ , 属高原大陆性气候, 年平均气温为  $2.3^{\circ}\text{C}$ , 年极端最高气温  $31.8^{\circ}\text{C}$ , 年极端最低气温  $-29.2^{\circ}\text{C}$ , 年降水量为  $403.8 \text{ mm}$ , 年平均蒸发量为  $1378.5 \text{ mm}$ , 年平均日照时数为  $2907.8 \text{ h}$ , 草地平均海拔为  $3400 \text{ m}$ 。本地区属于典型的高寒草甸, 群落植物种类繁多, 主要以禾草和莎草科植物如针茅属、羊茅属、嵩草属和苔草属植物为主, 主要伴生种有橐吾 (*Ligularia virgatu-*

\* 通讯作者, E-mail: pingsunny@msn.com

收稿日期: 2018-12-06; 修回日期: 2019-01-11

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目 (2014BAC05B04-04); 河南科技大学 SRTP 项目 (2017315)

作者简介: 高巧静 (1990-), 女, 硕士研究生, 主要从事草地生态学研究, E-mail: gaoqiaoqing910@163.com.

rea)、委陵菜属(*Potentilla* spp)、麻花苳(*Gentiana straminea*)、美丽风毛菊(*Saussurea pulchella*)、高山唐松草(*Thalictrum alpinum*)、高山豆(*Gueldenstaedtia diversifolia*)、小叶肉果草(*Lancea tibetica*)等。

## 1.2 试验设计与方法

于2015年7月底8月初,在贵南县选择3个不同放牧强度的家庭牧场,分别为适度放牧草地(Moderate grazing grassland, MG)、封育草地(Enclosed grassland, EG)和重度放牧草地(Heavy grazing grassland, HG)。其中,适度放牧草地的放牧强度约为0.68头牛/hm<sup>2</sup>;封育草地自2013年8月选择适度放牧的草地进行围封;重度放牧草地的放牧强度约为2.14头牛/hm<sup>2</sup>。在3个不同放牧强度的草地中,分别随机设5个6m×6m的小样方,每个小样方之间间隔50m。根据样地中植物盖度的大小选择异针茅(*Stipa aliena*, 群落优势种)、麻花苳(群落伴生种)、蒲公英(*Taraxacum mongolicum*, 群落偶见种)作为研究对象,在采样过程中选取样地内健康、完整的成熟植株叶片,每株2~3片,每种植物10~20株。将样品带回实验室105℃杀青,65℃烘干至恒重,粉碎后过60目筛备用。磷元素采用钼锑抗比色法测定<sup>[9]</sup>,碳元素和氮元素采用Vario MACRO cube CHNS元素分析仪器测定。

## 1.3 数据分析

表1 不同草地放牧强度与不同物种对叶片养分含量及其计量比的分析

Table 1 Analysis of different grazing intensity and different species on leaf nutrient content and its measurement ratio

因子	C		N		P		C/N		N/P		C/P	
	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P
草地放牧强度(df=2)	1.168	0.333	78.81	<0.01	21.09	<0.01	38.56	<0.01	4.251	<0.05	20.5	<0.01
物种(df=2)	3.04	0.073	40.18	<0.01	36.85	<0.01	22.14	<0.01	16.82	<0.01	25.9	<0.01
草地放牧强度×物种(df=4)	0.647	0.636	8.599	<0.01	4.98	<0.01	0.843	0.516	5.705	<0.01	3.9	<0.05

## 2.2 不同放牧强度下3种植物叶片的C、N、P化学计量特征

在3种草地放牧强度下,3种植物叶片的C含量表现出较为一致的响应趋势,重度放牧草地中3种植物叶片C含量均略低于其他两种草地植物叶片C含量,但不同放牧强度草地的C含量之间无显著差异(图1-A)。在重度放牧草地中3种植物叶片的N含量依次为:蒲公英(36.93g/kg)>麻花苳(25.60g/kg)>异针茅(23.30g/kg),分别显著高于适度放牧草地和封育草地中叶片N含量(P<0.05)(图1-B)。重度放牧草地中3种植物叶片P含量依次为:蒲公英(3.07g/kg)>异针茅(2.20g/kg)>

利用SPSS23.0对数据进行ANOVA方差分析,对不同草地放牧强度下3种植物叶片间化学计量以及比值进行差异性分析;另外,分析不同草地放牧强度与不同物种以及二者的交互作用,其结果是否影响C、N、P、C/N、C/P、N/P。另外,使用EXCEL 2016作图、表。

## 2 结果与分析

### 2.1 草地放牧强度、物种对植物叶片养分含量及其计量比的影响

从对不同草地放牧强度与不同物种对叶片养分含量及其计量比的分析(见表1)可以看出,3种植物的C含量在不同的草地放牧强度以及不同物种中无显著变化(P>0.05);N、P含量在不同草地放牧强度下以及不同物种中有极显著变化(P<0.01),N含量的F值(78.81)在草地放牧强度中最高,P含量的F值(36.85)在物种中最高;C/N、C/P比值在不同草地放牧强度下以及不同物种中有极显著变化(P<0.01),C/N比值的F值(38.56)在草地放牧强度中最高,C/P比值的F值(25.9)在物种中最高;N/P比值在不同草地放牧强度下有显著变化(P<0.05),在不同物种中有极显著变化(P<0.01),N/P比值的F值(16.82)在物种中最高;N、P、C/P、N/P分别对两者的交互作用有显著响应(P<0.01)。

麻花苳(1.53g/kg),分别显著高于适度放牧草地和封育草地的叶片P含量(P<0.05)(图1-C)。

### 2.3 不同草地放牧强度中3种植物叶片的C/N、C/P、N/P

3种植物叶片C/N、C/P、N/P的最小值均出现在重度放牧草地中,依次为蒲公英(10.76)、蒲公英(129.93)、异针茅(10.66)(图2)。其次,异针茅C/N的最大值出现在适度放牧草地(22.16),麻花苳C/N的最大值出现在封育草地(21.51),蒲公英C/N的最大值出现在适度放牧草地(15.99),3种植物叶片在重度放牧草地中的C/N值分别显著低于适度放牧、封育两种草地的值(P<0.05)(图2-A)。异针茅、

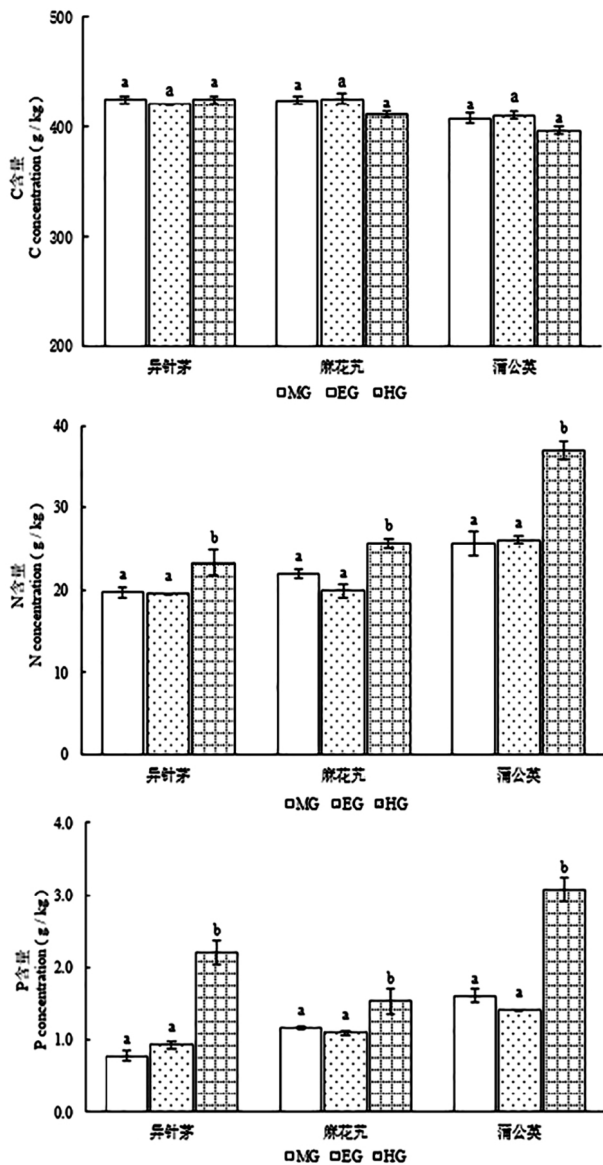


图1 不同草地放牧强度下同种植物叶片 C、N、P 含量变化  
Fig. 1 Changes of C, N and P contents in leaves of the same plant under different grazing intensities

麻花苻、蒲公英的最大 C/P 比值分别出现在适度放牧(530.49)、封育(388.98)、封育(292.58)草地,3种植物的 C/P 比值在重度放牧草地中显著低于其他两种草地( $P < 0.05$ ),其他组间差异均不显著( $P > 0.05$ ) (图 2-B)。对于 3 种植物叶片的 N/P 比值,异针茅的叶片 N/P 比值在 3 种不同草地放牧强度之间存在显著差异( $P < 0.05$ ),数值依次为 10.66(重度放牧) < 21.05(封育) < 24.47(适度放牧);麻花苻的叶片 N/P 比值在 3 种不同草地放牧强度之间无显著差异( $P < 0.05$ );蒲公英的叶片 N/P 比值在 3 种不同草地放牧强度之间也存在显著差异( $P < 0.05$ ),在封育草地中显著高于另外两种草地中的 N/P 比值( $P < 0.05$ ),数

值依次为 12.08(重度放牧) < 15.93(适度放牧) < 18.53(封育)(图 2-C)。可以得出整体上重度放牧的三个比值均比较低。

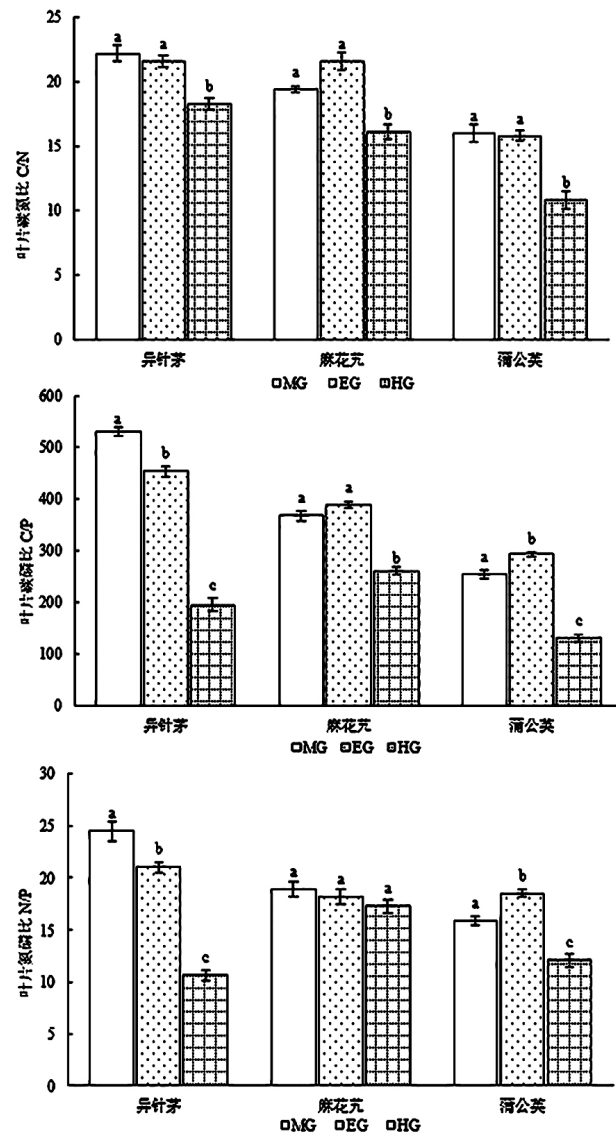


图2 不同草地放牧强度下同种植物叶片 C/N、C/P、N/P 变化  
Fig. 2 Changes of C/N, C/P and N/P ratios in leaves of the same plant under different grazing intensities

### 3 讨论

C 是植物个体内的结构性物质;N、P 属于构成功能性物质的元素,主要用于合成植物所需的营养物质。对同一物种来说,结构性物质受生境的影响较小,且含量稳定,但功能性和贮藏性物质的含量很容易受外界环境的影响,且变化较大<sup>[10]</sup>。本研究中,3种植物的 C 含量在不同草地放牧强度下无显著变化;3种植物的 N、P 含量则在重度放牧草地中有显著不同。徐沙等<sup>[11]</sup>研究发现,物种、草地利用方式

均对 N、P 含量有显著影响 ( $P < 0.05$ ), 且放牧使叶片中 N、P 含量提高。张建文等<sup>[12]</sup>研究发现随着放牧强度的增加, 植物 N 含量降低, C 含量变化不显著, P 出现富集。其中, C、P 的变化情况与本研究结果相同, N 含量变化趋势则与本研究结果相反。李瑞新等<sup>[13]</sup>研究发现重度放牧阶段, C 含量明显降低, N 含量呈增加趋势, P 无明显变化。此研究中 N 含量变化趋势与本研究结果一致。导致出现这种差异的原因可能是不同生境下植物对养分需求不同。许雪贇等<sup>[14]</sup>研究发现放牧草地中植物叶片的 N、P 含量高于封育十几年的草地, 放牧草地植物叶片 P 含量显著高于围封草地。本研究发现 3 种植物叶片的 N、P 含量在重度放牧草地中显著高于适度放牧、封育两种草地的叶片 N、P 含量, 且封育草地与适度放牧草地的 N、P 含量之间均无显著差异, 这可能是由于封育草地的封育时间较短。也有众多研究发现相对封育草地来说, 放牧增加了植物的 N、P 含量<sup>[11, 15~16]</sup>, 与本研究结果相反。牛羊采食不仅刺激牧草生长, 还促使地上 N、P 向植株幼嫩器官重新分配, 从而使放牧草地上活体的氮磷含量增加<sup>[17]</sup>, 导致重度放牧草地生长季平均 N、P 含量均最大, 这与本研究结果一致。放牧对植物 C、N、P 含量影响主要有以下两方面: 一是通过改变植物的形态与功能, 使 C 同化和积累的能力发生变化; 二是放牧过程中, 动物踩踏使土壤理化性质发生改变, 通过影响植物根系对土壤 C、N、P 养分的吸收, 最终使得植物的 C、N、P 含量及计量比发生变化<sup>[5]</sup>。

C/N 是反映植物生长状况的重要指标之一<sup>[18]</sup>, 植物叶片的 C/N 反映了植物在生长过程中对 C、N 的同化和固定能力<sup>[11, 19]</sup>。本研究发现草地放牧强度与物种的交互作用对 C/N 值无显著影响, 这与其他类似的研究结果不同, 徐沙等<sup>[11]</sup>研究发现不同的草地利用方式、不同物种二者的交互作用对 C/N 比值有显著的影响。本实验中, 3 种植物叶片的 C/P 和 N/P 在重度放牧草地中均低于其他两种草地放牧强度, 且在重度放牧中蒲公英的 C/P 和 N/P 值显著低于其他两种植物。Laliberté 等发现长期处于资源贫乏土壤环境中的植物营养损失减少, 养分利用效率提高, 随着土壤可获得资源的富集, 植物采取快速生长策略<sup>[18]</sup>, 并且快速生长的植物一般有较低的 C/P 和 N/P 比<sup>[20]</sup>, 这说明重度放牧草地中 3 种植物逐渐趋向快速生长, 以适应重度放牧草地的养分条件。

许多研究表明 N/P 可以有效预测陆地生态系统的养分限制<sup>[21]</sup>, 并且当植物群落的 N/P 小于 14 时, 植物生产力受 N 的限制较多; 当 N/P 大于 16 时, 则受 P 的限制较大; 介于两者之间时, 则受 N、P 的共同限制<sup>[2, 22]</sup>。本研究发现重度放牧样地中异针茅与蒲公英的 N/P 比值分别为 10.66、12.08, 表明两种植物受 N 元素的限制较大; 适度放牧与封育草地的异针茅与蒲公英的 N/P 比值均大于 16, 表明均受 P 元素的限制较大; 麻花苻在 3 种草地放牧强度中的 N/P 比值均大于 16, 表明均受 P 元素限制较大; 此外重度放牧草地中 3 种植物叶片 N、P 含量与其他两种草地中 3 种植物叶片 N、P 含量显著高于其他两种草地的 N、P 含量。李从娟等<sup>[23]</sup>研究发现, 干旱区的三种典型植物叶片在不同生境中具有相对较为稳定的 N/P。也有研究表明植物物种的差异是决定草地植物元素化学计量学特征格局的最基本因素<sup>[24]</sup>。

## 4 结语

综上所述, 贵南县的重度放牧草地中 3 种常见植物叶片的 N、P 含量显著高于另外两种放牧强度下的 N、P 含量; 重度放牧草地中 3 种常见植物的 N/P 值低于其他两种草地中的 N/P 值, 但不同植物在不同放牧强度中表现出不同模式; 重度放牧草地中蒲公英、异针茅的生长明显受 N 元素限制, 麻花苻在 3 种草地放牧强度中差异不显著。以上结果说明草地的放牧强度不同, 在很大程度上间接改变植物对养分的利用状况, 不同植物对相同生境有不同的适应策略。

## 参考文献 (References):

- [1] Fan J, Zhong H, Harris W, et al. Carbon storage in the grasslands of China based on field measurements of above- and below-ground biomass[J]. *Climatic Change*, 2008, 86 (3-4): 375-396.
- [2] 方楷, 宋乃平, 魏乐, 等. 不同放牧制度对荒漠草原地上生物量及种间关系的影响[J]. *草业学报*, 2012, 21(5): 12-22. Fang kai, Song Naiping, Wei Le, et al. The effect of different grazing systems on aboveground biomass and interspecific relationships in desert steppe[J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2012, 21(5): 12-22.
- [3] 初晓辉, 谢勇, 单贵莲, 等. 放牧和封育对青藏高原南缘亚高山草甸群落结构及物种多样性的影响[J]. *草地学报*, 2017, 25(5): 939-945. Chu Xiaohui, Xie Yong, Shan Guilian, et al. Effect of Management Patterns on Community Structure and Species Diversi-

- ty of Subalpine Meadow of the Southern Margin of Tibetan Plateau[J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2017, 25(5): 939-945.
- [4] Mott K A, Gibson A C, O'Leary J W. The adaptive significance of amphistomatic leaves[J]. *Plant Cell & Environment*, 2010, 5(6): 455-460.
- [5] 杨惠敏, 王冬梅. 草-环境系统植物碳氮磷生态化学计量学及其对环境因子的响应研究进展[J]. *草业学报*, 2011, 20(2): 244-252.
- Yang Huimin, Wang Dongmei. Advances in the study on ecological stoichiometry in grass-environment system and its response to environmental factors[J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2011, 20(2): 244-252.
- [6] 罗艳, 贡璐, 朱美玲, 等. 塔里木河上游荒漠区 4 种灌木植物叶片与土壤生态化学计量特征[J]. *生态学报*, 2017, 37(24): 8326-8335.
- Luo Yan, Gong Lu, Zhu Meiling, et al. Stoichiometry characteristics of leaves and soil of four shrubs in the upper reaches of the Tarim River Desert[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2017, 37(24): 8326-8335.
- [7] 闫玉春, 唐海萍, 辛晓平, 等. 围封对草地的影响研究进展[J]. *生态学报*, 2009, 29(9): 5039-5046.
- Yan Yuchun, Tang Haiping, Xin Xiaoping, et al. Advances in research on the effects of enclosure on grasslands[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(9): 5039-5046.
- [8] 梁珠英, 拉元林. 贵南县不同退化草地物种多样性的研究[J]. *草业与畜牧*, 2013, (4): 10-12.
- Liang Zhuying, La Yuanlin. Study on species diversity of different degraded grassland in Guinan county[J]. *Prataculture & Animal Husbandry*, 2013, (4): 10-12.
- [9] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 第 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2013: 25-92.
- Bao Shidan. Soil Agricultural Chemical Analysis[M]. 3rd. Beijing: *China Agricultural Press*, 2013: 25-92.
- [10] Tessier J T, Raynal D J. Use of nitrogen to phosphorus ratios in plant tissue as an indicator of nutrient limitation and nitrogen saturation[J]. *Journal of Applied Ecology*, 2010, 40(3): 523-534.
- [11] 徐沙, 龚吉蕊, 张梓榆, 等. 不同利用方式下草地优势植物的生态化学计量特征[J]. *草业学报*, 2014, 23(6): 45-53.
- Xu Sha, Gong Jirui, Zhang Ziyu, et al. The ecological stoichiometry of dominant species in different land uses type of grassland[J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2014, 23(6): 45-53.
- [12] 张建文, 徐长林, 杨海磊, 等. 高寒草甸冷季放牧对凋落物分解及 C、N、P 化学计量特征的影响[J]. *草业科学*, 2017, 34(10): 2009-2015.
- Zhang Jianwen, Xu Changlin, Yang Hailei, et al. Effect of grazing on chemical characteristics of litter in alpine grassland during the cold season[J]. *Pratacultural Science*, 2017, 34(10): 2009-2015.
- [13] 李瑞新, 刘庆福, 李丹, 等. 锡林河流域退化羊草草原的生态化学计量学研究[J]. *中国草地学报*, 2018, 40(2): 75-80.
- Li Ruixin, Liu Qingfu, Li Dan, et al. Ecological Stoichiometry of Degraded *Leymus chinensis* Steppe in Xilin River Basin[J]. *Chinese Journal of Grassland*, 2018, 40(2): 75-80.
- [14] 许雪鹭, 曹建军, 杨淋, 等. 放牧与围封对青藏高原草地土壤和植物叶片化学计量学特征的影响[J]. *生态学杂志*, 2018, 37(5): 1349-1355.
- Xu Xueyun, Cao Jianjun, Yang Lin, et al. Effects of grazing and enclosure on foliar and soil stoichiometry of grassland on the Qinghai-Tibetan Plateau[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2018, 37(5): 1349-1355.
- [15] 唐高溶, 郑伟, 王祥, 等. 喀纳斯景区山地草甸不同退化阶段群落共有种的生态化学计量特征研究[J]. *草业学报*, 2016, 25(12): 63-75.
- Tang Gaorong, Zheng Wei, Wang Xiang, et al. Ecological stoichiometry characteristics of common species in mountain meadows at different stages of degraded succession in the Kanas Scenic Area[J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2016, 25(12): 63-75.
- [16] 张婷, 翁月, 姚凤娇, 等. 放牧强度对草甸植物小叶章及土壤化学计量比的影响[J]. *草业学报*, 2014, 23(2): 20-28.
- Zhang Ting, Weng Yue, Yao Fengjiao, et al. Effect of grazing intensity on ecological stoichiometry of *Deyeuxia angustifolia* and meadow soil[J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2014, 23(2): 20-28.
- [17] 董晓玉, 傅华, 李旭东, 等. 放牧与围封对黄土高原典型草原植物生物量及其碳氮磷贮量的影响[J]. *草业学报*, 2010, 19(2): 175-182.
- Dong Xiaoyu, Fu Hua, Li Xudong, et al. Effects on plant biomass and CNP contents of plants in grazed and fenced steppe grasslands of the Loess Plateau[J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2010, 19(2): 175-182.
- [18] Etienne Laliberté, Shipley B, Norton D A, et al. Which plant traits determine abundance under long-term shifts in soil resource availability and grazing intensity? [J]. *Journal of Ecology*, 2012, 100(3): 662-677.
- [19] 黄小波, 刘万德, 苏建荣, 等. 云南普洱季风常绿阔叶林 152 种木本植物叶片 C、N、P 化学计量特征[J]. *生态学杂志*, 2016, 35(3): 567-575.
- Huang Xiaobo, Liu Wande, Su Jianrong, et al. Stoichiometry of leaf C, N and P across 152 woody species of a monsoon broad-leaved evergreen forest in Pu'er, Yunnan Province[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2016, 35(3): 567-575.
- [20] Elser J J, Sterner R W, Gorokhova E, et al. Biological stoichiometry from genes to ecosystems[J]. *Ecology Letters*, 2010, 3(6): 540-550.
- [21] Kerkhoff A, Enquist B, Elser J, et al. Plant allometry, stoichiometry and the temperature dependence of primary productivity[J]. *Global Ecology & Biogeography*, 2010, 14(6): 585-598.
- [22] 徐露燕, 田大伦, 王光军, 等. 湘潭锰矿采树叶片和土壤 N、P 化学计量特征[J]. *生态学报*, 2014, 34(9): 2316-2322.
- Xu Luyan, Tian Dalun, Wang Guangjun, et al. N and P stoichiometry of

chiometry of *Koeleria paniculata* leaf and soil in Xiangtan Manganese Mine wasteland [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2014, 34(9): 2316-2322.

[23] 李从娟, 徐新文, 孙永强, 等. 不同生境下三种荒漠植物叶片及土壤 C、N、P 的化学计量特征[J]. *干旱区地理*, 2014, 37(5): 996-1004.

Li Congjuan, Xu Xinwen, Sun Yongqiang, et al. Stoichiometric characteristics of C, N, P for three desert plants leaf and soil at different habitats[J]. *Arid Land Geography*,

2014, 37(5): 996-1004.

[24] 张良侠, 樊江文, 张文彦, 等. 内蒙古草地植物叶片氮、磷元素化学计量学特征分析[J]. *中国草地学报*, 2014, 36(2): 43-48.

Zhang Liangxia, Fan Jiangwen, Zhang Wenyan, et al. Stoichiometry of Leaf Nitrogen and Phosphorus in Plants in Grasslands in Inner Mongolia[J]. *Chinese Journal of Grassland*, 2014, 36(2): 43-48.

## Effects of Grazing Intensity on Ecstoichiometric Characteristics of Plant leaves in Alpine Meadow

GAO Qiao-jing<sup>1</sup>, ZHU Wen-yan<sup>2</sup>, HOU Jiang-jiang<sup>1</sup>,  
WANG Ya-lin<sup>1</sup>, ZHAO Xin-quan<sup>3</sup>, XU Shi-xiao<sup>3</sup>, SUN Ping<sup>1</sup>

(1. *College of Animal Science and Technology, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China*; 2. *Forestry College, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China*; 3. *Northwest Institute of Plateau Biology Chinese academy of Sciences, Xining 810008, China*)

**Abstract:** The leaves of *Stipa aliena*, *Gentiana straminea* and *Taraxacum mongolicum* were selected on the enclosed grassland, moderate grazing grassland and heavy grazing grassland in the alpine meadow of Qinghai-Tibet Plateau. The contents of C, N and P in these three plants' leaves were determined, focusing on the response mechanism of the stoichiometric characteristics to different grazing patterns. The results showed that there were no difference in C content between the three plant species in diverse grazing patterns. The N and P contents of the three plants were higher than those of the other two grazing patterns in the heavy grazing grassland. The heavy grazing grassland was restricted by N, while the other two grassland plants were restricted by P. The ratio of C/P and N/P in heavy grazing grassland was significantly lower than that in the other two grassland grazing patterns, indicating that the three plant species in heavy grazing grassland adopted a rapid growth strategy, and different plants were different. The extent of nutrient limitation in habitats varies. The above results indicate that the grazing patterns of grassland are different, which indirectly changes the utilization of nutrients by plants, and different plants have different adaptation strategies for the same habitat.

**Key words:** Alpine meadow; Grazing intensity; Ecological stoichiometric characteristics

【责任编辑 胡卉芳】