

土壤-牧草氮素供需状况变化对高寒草甸植被演替与草地退化的影响^{*}

曹广民^{**} 吴琴 李东 胡启武 李月梅 王溪

(中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001)

摘要 在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站, 选取处于不同退化阶段的具有典型代表意义的草甸草场为研究对象, 通过对其土壤氮素矿化补给能力、牧草对氮素的需求量的研究, 探讨土壤-牧草氮素供需状况变化对高寒草甸植被演替与草地退化的影响。结果表明, 在牧草生长季 5~8 月, 高寒草甸土壤的氮素矿化补给量为 $15.86 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, 而随着高寒草甸退化程度的加重, 植物群落中优势种群由禾草演替为禾草 + 苔草 + 嵩草、嵩草至杂类草, 其牧草生长需要的总氮量分别为 22.86 、 24.87 、 37.3 、 $14.96 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, 只有在杂类草草甸阶段, 其牧草生长对氮素的需求才与其土壤氮素供求相适配, 可见养分是高寒草甸植被演替与草场退化的重要驱动因子之一。

关键词 高寒草甸, 退化, 养分, 演替

中图分类号 S812 文献标识码 A 文章编号 1000-4890(2004)06-0025-04

Effects of nitrogen supply and demand status of soil and herbage system on vegetation succession and grassland degradation in alpine meadow. CAO Guangmin, WU Qin, LI Dong, HU Qiwu, LI Yuemei, WANG Xi (Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xi'ning 810001, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2004, 23(6): 25 ~ 28.

Four typical pastures which represented different degradation stage of alpine meadow were selected at Haibei station of alpine meadow ecosystem. Thus, the studies on soil nitrogen supply ability due to its mineralization and herbage's demand for nitrogen were conducted. Consequently, effects of nitrogen supply and demand status of soil and herbage system on vegetation succession and grassland degradation in alpine meadow was discussed. The results showed that during the herbage growing period from May to August, through nitrogen mineralization, soil supplied $15.86 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$. However, with the aggravation of grassland degradation, the dominate population in the communities was succeeded from Gramineae to Gramineae and Cyperaceae, and then to Kobresia, and forb. During the process of succession, the herbage's total demands for nitrogen were 22.86 , 24.87 , 37.3 and $14.96 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, respectively. Only at the stage of soil nitrogen supply can meet the demands of herbage's growth. Therefore, nutrient is one of the most important driving factors that lead to vegetation succession and pasture degradation in alpine meadow region.

Key words alpine meadow, degradation, nutrient, succession.

1 引言

自 20 世纪 80 年代以来, 作为青藏高原主体的高寒草甸, 原生植被退化, 草地生产力下降, 鼠类活动猖獗, 高寒草甸分布区形成大面积次生裸地 - 黑土滩, 水土流失加剧, 生态环境急剧恶化。对于高寒草甸的退化, 人们普遍认为忽视草地资源的合理利用和科学管理, 超载过牧是引起高寒草甸退化的直接原因^[3, 4, 7, 9, 13, 14]。然而, 土壤是绿色植物生产的基础, 草地退化随着高寒草甸放牧强度的增加, 优势

植物种群的演替, 土壤 - 牧草营养供需关系如何变化? 土壤在高寒草甸退化过程中的作用如何? 它们是否会是引起高寒草甸退化的内在原因, 本研究通过对高寒草甸重度放牧作用下, 高寒草甸不同演替阶段土壤氮素养分供给能力与牧草氮素需求之间关系的研究, 探讨土壤 - 牧草营养供需关系在高寒草

^{*}中国科学院知识创新工程重大资助项目 (KZCX1-SW-01 和 KSCX2-1-07)。

^{**}通讯作者

收稿日期: 2003-12-10 改回日期: 2004-03-10

地退化中的作用。

2 研究地区与方法

2.1 自然概况

实验设置于青藏高原东北隅祁连山地的中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站(37°37' N, 101°19' E, 海拔3240 m)。年平均气温-1.7℃, 最暖的7月份平均气温9.8℃, 最冷的1月份平均气温-14.8℃; 年平均降水量580 mm左右, 降水主要集中于暖季的5~9月, 占年降水量的80%。

2.2 方法

依据高寒草甸退化过程中的优势动植物群落演替过程, 地表特征, 将高寒草甸退化过程划分为4个阶段, 其特征如下:

禾草草甸。是在对次生裸地“黑土滩”进行人工灭鼠、灭杂、施肥的措施下, 通过人工种植而建立的垂穗披碱草、老芒麦人工草地, 牧草株高均在80 cm以上, 密度大。土壤草毡表层开始发育。群落内环境郁闭, 是甘肃鼠兔和根田鼠优选的生活环境, 两类鼠的数量急骤增加, 成为群落中的优势种群。

禾草+苔草+嵩草草甸。随土壤坚实度的增加以及放牧利用, 人工种植的垂穗披碱草、老芒麦很难完成其生活史, 种子难以成熟, 根茎繁殖受阻, 随之逐年退化, 对群落环境的支配作用逐年减弱, 而适应高寒气候的异针茅(*Stipe aliena*)、苔草(*Carex* spp.)、嵩草(*Koeresia* spp.)和其他种类则逐年增加, 形成了以异针茅、苔草、嵩草为优势种群的植物群落。土壤草毡表层逐渐发育。根田鼠、甘肃鼠兔成为优势动物种群。

嵩草草甸。随着草地放牧利用强度的增加, 禾草类牧草进一步生长受阻, 土壤草毡表层形成, 厚约7 cm, 结实坚韧。矮嵩草、小嵩草成为牧草优势种群。高原鼠兔成为动物优势种群。

杂类草草甸。嵩草草甸在过度放牧作用下, 草毡表层发生剥蚀、脱落, 鼠类活动猖獗, 在鼠类破坏地段, 杂类草鹅绒委陵菜、细叶亚菊(*Ajania tenuifolia*)、甘肃马先蒿(*Pedicularis kansuensis*)等逐渐形成优势植物群落, 部分地段成为次生裸地“黑土滩”。高原鼠兔和高原鼯鼠成为动物优势种群。

选择此4个处于不同退化阶段典型高寒草甸草场作为研究对象, 面积均为160 m × 160 m。在草盛期8月底, 采用“梅花型”样点设置, 用标准收获法测定其地上初级生产量, 样方面积为50 cm × 50 cm, 重

复6次, 室内进行植物体中N含量的测定。用土柱法测定0~30 cm地下初级生产量, 土柱面积50 cm × 50 cm, 重复6次。同时采集0~10 cm土壤样品, 室内进行土壤有机质、全氮、全磷及速效氮、速效磷含量的测定, 重复6次。利用环刀法分层测定土壤容重, 重复3次。

采集禾草+苔草+嵩草草甸0~30 cm土壤, 挑除植物根系, 过2 mm筛, 将其装入300尼龙网袋中, 每袋100 g, 封口, 埋入土壤15 cm深处, 测定其土壤全氮及含水量。定期采集此矿化样品, 风干进行土壤全氮的分析测定。同时留取土壤样品, 进行矿化前本底土壤样品的全氮测定。

3 结果与分析

3.1 高寒草甸不同退化阶段土壤的理化性状

高寒草甸的退化过程, 不仅表现在草地生产力降低、优势植物群落的演替、鼠类种群的变化与草皮层的形成与剥蚀等表现特征上, 同时其土壤理化性状也有较大的变化(表1)。杂毒草入侵、鼠类活动破坏形成的杂类草草甸, 由于土壤草毡表层的剥蚀、冻融塌陷, 土壤有机质在风蚀、冲刷及鼠类活动对上下土层扰动等的影响下, 土壤容重最大, 孔隙度减小, 持水能力下降, 土壤全氮、全磷及有机质含量亦最低, 然而其土壤速效养分由于土壤的裸露, 矿化作用的增加, 其含量比其它三个阶段略有提高。土壤的砾质性最强。

表1 高寒草甸不同退化阶段土壤的理化性状(0~10 cm)

Tab. 1 Soil chemical and physical characteristics under different degradation stage of alpine meadow

草场类型	容重 (g cm ⁻³)	全氮 (%)	全磷 (%)	速效氮 (mg kg ⁻¹)	速效磷 (mg kg ⁻¹)	有机质 (%)
禾草草甸	1.05	0.83	0.74	29.79	6.27	9.30
禾草、苔草、嵩草草甸	0.88	0.67	0.11	28.65	6.52	11.89
嵩草草甸	0.72	0.61	0.10	28.43	7.52	13.24
杂类草草甸	1.07	0.54	0.08	29.47	7.60	8.18

经人为施肥、补拨对“黑土滩”型退化草地治理后形成的禾草人工草地, 一般牧草品种为垂穗披碱草和老芒麦, 土壤容重接近于“黑土滩”, 土壤全氮、全磷含量显著提高, 速效氮、速效磷略有增加。但土壤有机质显著低于天然草地, 略高于“黑土滩”。

禾草+苔草+嵩草草甸是广泛分布于高寒地区的天然草地。人工草地在自然条件下, 由于垂穗披碱草、老芒麦很难完成其生活史, 种子难以成熟, 逐年退化。随之而被适应高寒气候的异针茅、苔草、嵩

草等所取代,演变成禾草+苔草+嵩草草甸。土壤草毡表层完整,土壤容重适中,持水性能高,土壤有机质、全氮、全磷均较高,但土壤速效氮、速效磷含量均偏低^[1]。

高草草甸,是重牧作用下高寒草甸退化的终极结果,其土壤草毡表层十分坚韧结实。土壤容重小,致密的草皮层,使得土壤的透水、持水能力下降,土壤相对干燥,土壤有机质、全氮、全磷含量均较高,但土壤速效氮、速效磷含量均偏低。高寒草甸草毡表皮的剥蚀、塌陷多发生于高草草甸阶段。

3.2 高寒草甸不同退化阶段的草地生产力

高寒草甸不同退化阶段地上初级生产力次序分别为禾草草甸>禾草+苔草+嵩草草甸>嵩草草甸>杂类草草甸;而其地下初级生产力次序分别为嵩草草甸>禾草+苔草+嵩草草甸>禾草草甸>杂类草草甸。在高寒草甸未退化成为“黑土滩”之前,随着草地的退化,地下初级生产量与地上初级生产量的比率愈来愈高,即地下根系愈来愈庞大。单位土壤所需供养的根系组织愈来愈多。这必然带来土壤养分供求与牧草生长养分需求之间的矛盾,最终导致牧草根系的营养不良与死亡,引起草皮层的死亡、剥蚀与塌陷,进而导致草地的退化(表2)。

表2 高寒草甸不同退化阶段的草地生产力($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)

Tab. 2 Primary production under different degradation stage of alpine meadow

草场类型	地上 生产力	地下 生产力	地下/地上	土/草根
禾草草甸	655.01	1382.07	2	227
禾草、苔草、嵩草草甸	471.11	2728.44	6	96
嵩草草甸	263.33	3156.46	12	67
杂类草草甸	210.88	1259.27	6	254

3.3 高寒草甸土壤营养矿化能力

处于禾草+苔草+嵩草草甸阶段的高寒草甸,是高寒地区天然草地中土地生产力最高、人为活动干扰较小、土壤养分供给能力最好的阶段。利用尼龙网袋对其0~30 cm根系分布层土壤有机氮素的矿化实验结果表明,禾草+苔草+嵩草草甸阶段的高寒草甸土壤有机氮素高达0.413%,但其土壤有机氮矿化能力却较弱,利用300目的尼龙网袋法测得禾草+苔草+嵩草草甸土壤,(在一个生长季内5~8月),自然状况下,其土壤0~30 cm氮素的总矿化量为 $15.68\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 。而由于高寒草甸土壤有机质含量高,其土壤中水溶性有机物质含量亦较高,在冬季由于土壤水分蒸发,土体下层溶解于水中的有机氮素随水分上移,重新淀积于上层土壤,结果造成矿

化样品中全氮含量的反弹,有时甚至超过先年冬季来临时的全氮水平,因此无法得出其多年的矿化能力(图1)。

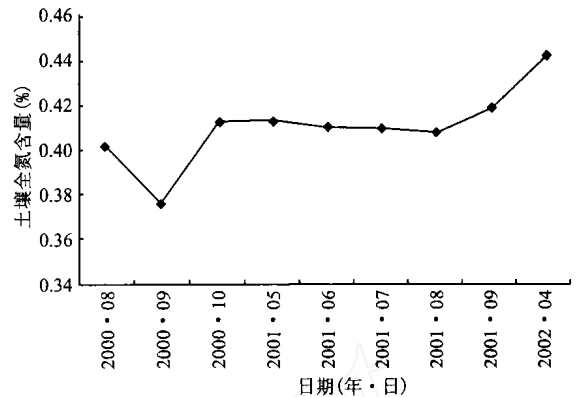


图1 高寒草甸土壤有机氮素的矿化作用

Fig. 1 Mineralization of soil organic nitrogen in alpine meadow

3.4 高寒草甸不同退化阶段土地生产力及其对养分的需求

高寒草甸属多年冷中生植被类型,处于不同退化阶段的高寒草甸,由于其牧草群落地上、地下初级生产量比率的不同,使有限的土壤养分在地上、地下之间的分配比率发生了较大的变化。地下根系对土壤养分固定量的增加,意味着可用于畜牧业生产的土壤养分比率的降低,同时由于气候寒冷,死亡根系的分解归还作用速度缓慢,使得本就贫乏的土壤养分成为有机态存贮于土壤,土壤表现出全量养分丰富而速效养分贫乏的特点(表3)。

表3 不同退化阶段高寒草甸牧草生长氮素的需求($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)

Tab. 3 Nitrogen requirement for grass growth under different degradation stage of alpine meadow

草场类型	地上部分 生长需氮量	地下根系 氮素现存量	地下根系 生长年需氮量	年生长 需总氮量
禾草草甸	8.78	18.52	14.09	22.86
禾草、苔草、嵩草草甸	5.89	24.95	18.98	24.87
嵩草草甸	3.69	44.19	33.61	37.30
杂类草草甸	2.70	16.12	12.26	14.96

表3列出了不同退化阶段高寒草甸牧草生长对氮素的需求及其地下根系对土壤氮素的生物固定量。可见随着高寒草地退化程度的加重,用于畜牧业生产的氮素(地上部分初级生产所需的氮素)逐渐减少,而地下根系所固定的氮素逐渐增加,成为无效消耗。高寒草甸四种退化阶段初级生产(包括地上、地下部分)所需氮素量顺序大小分别为嵩草草甸>禾草+苔草+嵩草草甸>禾草草甸>杂类草草甸,其分别为 37.3 、 24.87 、 22.86 、 $14.96\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$,相对于自然条件下高寒草甸的土壤有机氮素矿化能力 15.68

$\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$, 只有在杂类草草甸阶段, 其牧草生长对氮素的需求才与其土壤氮素供求相适配, 土壤氮素的缺乏可能是高寒草甸植被演替与草场退化的重要驱动因子之一, 这与一些学者在高寒草地氮素循环与施肥实验研究的结论一致^[12, 15]。

4 讨论

土壤养分供给能力与牧草营养需求是否适配是天然草地能否持续利用的关键。不同的牧草具有不同的生长营养阈, 不同的土壤也具有不同的营养供给阈, 只有当土壤-牧草二者营养阈相适配, 牧草才能在该土壤上正常生长。土壤养分状况的变化, 将会导致草地优势种群的演替, 土壤营养状况的恶化即可引起草地的严重退化^[2, 6, 8, 10, 11]。过去在退化高寒天然草地的恢复与重建中, 由于人们普遍认为草地的退化应归咎于过度放牧引起的植被演替和啮齿类动物的活动对草场的破坏, 而忽视了土壤-牧草营养适配性, 虽然在草地植被恢复过程中采取了相应的灭鼠、草地松耙和补播、封育等措施, 然而从恢复结果来看, 效果难以持久, 新补播草地往往在建植 2~3 a 后重新发生退化, 没有从根本上解决草地退化问题。因此, 对于高寒草地的退化过程与治理手段上, 需要从土壤-牧草营养供求关系出发, 需要从人为补给土地的养分供给能力, 减少牧草对养分的无效消耗, 或降低对草地的索取(减轻放牧强度)的思路出发, 才能有效控制高寒草地的退化进程, 使得高寒草地得以永续利用^[5]。

参考文献

- [1] 乐炎舟, 等. 1980. 青海高山草甸土的形成及肥力评价, 土壤学报, 17(40): 308~318.
- [2] 龙章富, 刘世贵. 1996. 退化草地土壤农化性状与土壤微生物区系研究[J]. 土壤学报, 33(2): 192~199.
- [3] 田 剑, 范青慈, 张更权, 等. 2000. 黄河源头区生态环境现状及治理对策[J]. 青海草业, 9(1): 28~30.
- [4] 石树堂, 王立亚. 1994. 青海草地退化现状及治理对策[J]. 青海草业, (2): 5~11.
- [5] 孙海松. 1998. 青海高寒草地资源及其永续利用[J]. 草业科学, 15(3): 1~3.
- [6] 杜修贵译. 1981. 英国草地的今昔与未来[J]. 四川草原, 1(1): 22~26.
- [7] 李希来, 黄葆宁. 1995. 青海黑土滩草地成因及治理途径[J]. 中国草地, (4): 64~67.
- [8] 李绍良, 贾树海, 陈有君, 等. 1997. 内蒙古草原退化进程及其评价指标的研究[J]. 土壤通报, 28(6): 241~243.
- [9] 宋桂玲. 2000. 浅议同德县“黑土型”退化草地的成因及综合治理[J]. 青海草业, 9(2): 21~22.
- [10] 沈景林, 谭 刚, 乔海龙, 等. 2000. 草地改良对高寒退化草地植被影响的研究[J]. 中国草地, (5): 49~54.
- [11] 肖运峰, 李世英. 1980. 羊草草原放牧退化演替及退化原因的分析[J]. 中国草原, (3): 20~27.
- [12] 张金霞, 曹广民. 1999. 高寒草甸生态系统氮素循环[J]. 生态学报, 19(4): 509~513.
- [13] 范青慈. 2000. 青海省退化草地现状及防治对策[J]. 青海草业, 9(1): 22~24.
- [14] 周兴民, 赵新全, 曹广民, 等. 2001. 嵩草草甸的合理利用及草地畜牧业的可持续发展[D]. 中国嵩草草甸, 217~225.
- [15] 鲍新奎, 赵宝莲. 1980. 土壤 N、P 养分对矮嵩草甸初级生产力影响的研究[A]. 高寒草甸生态系统国际学术讨论会论文集[C]. 北京: 科学出版社, 169~175.

作者简介 曹广民, 男, 1963年生, 副研究员, 主要从事高寒草地生态系统物质循环的研究。

责任编辑 李凤芹