

高寒嵩草草甸的被动与主动退化分异特征 及其发生机理

曹广民¹, 杜岩功^{1,2}, 梁东营^{1,2}, 王启兰¹, 王长庭¹

(1 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001; 2 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘 要: 高寒嵩草草甸是广布于青藏高原的地带性植被之一, 自 1980年代以来, 发生退化, 形成大面积的“黑土型”次生裸地。目前的研究普遍认为, 高寒嵩草草甸的退化是由于过度放牧引起的植被演替和啮齿类动物对草场的破坏所致。而本研究认为, 随着持续的超载放牧, 高寒嵩草草甸的退化过程可以分为异针茅+羊茅-矮嵩草群落、矮嵩草群落、小嵩草群落和杂类草-黑土型次生裸地的四个演替阶段; 其经历了异针茅+羊茅-矮嵩草群落向矮嵩草群落植被的被动退化过程和由小嵩草群落向杂类草-黑土型次生裸地的主动退化过程; 其发生的动力分别为放牧作用和嵩草特殊的生物学特性(高地下/地上比)引起的草毡表层极度加厚作用。草毡表层的极度加厚, 造成土壤水分渗透速率的降低和土壤-牧草之间水分、营养供求的失调, 是导致高寒矮嵩草最终退化的根本原因。同时提出高寒嵩草草甸在被动退化阶段, 通过降低放牧强度, 灭鼠、封育是可以逆转的, 而一旦进入主动退化阶段, 草皮的塌陷、斑驳, 最终形成“黑土滩”型退化草地, 这是不可避免的也是不可逆转的。

关键词: 嵩草草甸; 被动退化; 主动退化; 生物学特性; 草毡表层

中图分类号: Q948

文献标识码: A

高寒嵩草草甸约占青藏高原总面积的 35%, 主要作为冬春放牧草场利用, 在高原草地畜牧业中占有十分重要的地位。高寒草地植被状况的优劣, 不仅对当地的牧业生产, 同时也对长江中下游平原及黄河、长江流域地下水、地表水的丰欠, 以及风、旱、涝、沙尘暴、水土流失等自然灾害的发生及危害程度有极为重大的影响^[1-7]。高寒草甸生态系统具有生态、生产和生活功能的“三生”服务功能, 生态是基础, 生产是手段, 生活是目的^[8]。自 1980年代以来, 由于人们对畜产品需求的增加, 结果导致牧草资源被过度消耗, 使高寒草甸生态系统的结构和功能过程发生了不可逆转的变化, 生态系统的服务和恢复功能减弱乃至丧失^[9]。有关高寒嵩草草甸的退化, 现有的研究均认为, 超载放牧和鼠类活动的破坏是导致其退化的主要原因^[10-11], 而没有人从超载放牧

下, 草地通过对外界干扰的自我抵抗与调节能力降低, 进而导致系统的失衡来探讨草地的退化过程与发生机理, 这也是造成退化高寒草地的治理收效甚微的原因之一。本研究在总结前人有关高寒嵩草草甸退化过程与机理的基础上, 提出高寒嵩草草甸的被动与主动退化过程与发生机理, 为退化草地治理措施的选择, 提供理论基础。

1 退化的放牧演替与鼠类破坏理论

关于高寒嵩草草甸的退化, 人们普遍认为超载放牧和鼠类活动的破坏是引起高寒草甸植被演替和草地退化的主要原因。植被演替可分为异针茅+羊茅-矮嵩草群落、矮嵩草群落、杂类草群落和“黑土滩”四个阶段。超载放牧、鼠类破坏与高寒嵩草草

收稿日期 (Received date): 2007-04-11; 改回日期 (Accepted): 2007-08-20.

基金项目 (Foundation item): 国家自然科学基金重点基金 (30730069) 和中国科学院资源环境领域野外台站研究基金项目资助 [Key Project supported by National Natural Science Foundation of China The Field Station Foundation of Chinese Academy of Science]

作者简介 (Biography): 曹广民 (1964-)男, 陕西渭南人, 研究员, 主要从事土壤生态方面研究。[Cao Guangmin born in Weinan Shanxi province in 1964 male professor mainly in the research of plant ecology]

甸退化过程的关系如图 1。

放牧可以改变植被组成、结构和繁殖对策。对于高寒草甸来说,放牧家畜对牧草选择性啃食(即牧草的“易食性”和“适口性”),可以对草地植物优势种群的演替产生决定性作用,使得高寒草甸的上层(禾本科牧草层)消失,以莎草属为主的嵩草类植物逐渐成为优势种群。过度放牧是造成高寒草甸植被发生演替进而导致退化的主要原因^[10-12]。

放牧时期(忌牧期)比放牧强度对植物种类成分的影响更大^[13];放牧对于草地群落影响的程度与草地群落植被类型、放牧强度、放牧时间有关^[14]。禾草类牧草的繁殖以种子繁殖为主,家畜的不适时(特别是牧草返青期 5 月与种子成熟期 8 月下旬)反复啃食,使得禾本科生长顶点受到严重损伤和种子的成熟与数量大为受损,甚至不能完成生殖生长,长久下去,禾本科牧草就会因种子的贫乏而逐渐消退。同时,家畜的反复啃食,也使地表的牧草凋落物消失殆尽,使得种子的着床失去依托,容易在冬春季节发生风移。而莎草属的嵩草类牧草却以根茎繁殖为主,为此得以光大发展。同时植物也通过改变繁殖对策、组织结构、生长模式和体内产生次生代谢物等协同进化方式,提高生存机会^[9, 15, 16]。放牧率由轻到重,草场植物种发生替代,优良牧草的各项生物

学特征逐渐下降,而劣质牧草及毒杂草逐渐占据优势地位,草场利用价值降低直至消失^[17]。

鼠类活动对高寒嵩草甸的破坏,是一个附加的过程。高寒嵩草地下根系极度发育,土壤由原来的湿润性逐渐变为干旱性,草毡表层死亡,剥蚀,形成裂缝、塌陷,为鼠类的活动提供了适宜条件。草皮层与鼠洞可以形成镶嵌复合体,在风力作用下,尤其是冬春季节,鼠坑内沙土飞扬甚至覆盖临近区域的草皮,抑制周围植物的生长发育,替为重度退化草地,最终导致“黑土型”退化草地形成^[18]。

2 被动与主动退化假说及佐证

2.1 被动与主动退化假说内容

笔者通过多年的野外观测与研究,针对放牧高寒嵩草甸植被演替与草地退化,提出高寒草甸的被动与主动退化假说,它并没有否定现有的植被演替鼠类破坏学说,是在此学说的基础上从植被演替后,嵩草属植物特殊生物学特性引起的土壤-牧草营养、水分供求关系相悖关系研究,是对原有草地退化发生机理的深化。此假说将放牧高寒嵩草甸退化过程分为“四个时期、三个阶段、两种动力”。

四个时期:异针茅+羊茅-矮嵩草群落、矮嵩草

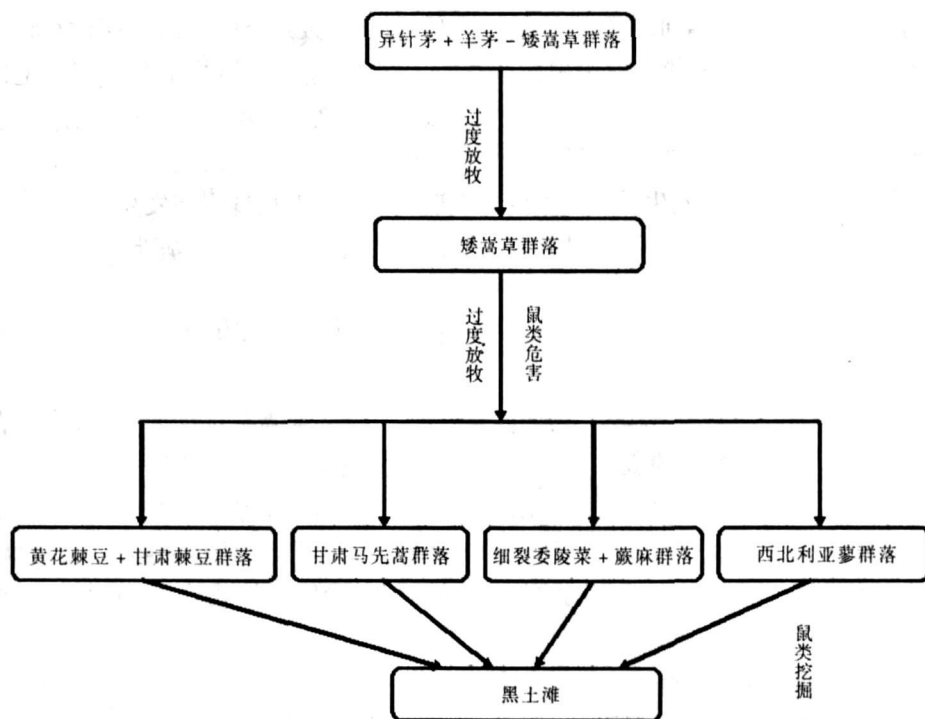


图 1 高寒嵩草草甸放牧演替和鼠类破坏模式图(周兴民, 2006)

Fig 1 Pattern of succession and rodent destroying by grazing in alpine *Kobresia* meadow

群落、小嵩草群落、杂类草“黑土型”次生裸地。此阶段的划分与现有的理论不同, 增加了一个小嵩草群落阶段, 而将杂类草和黑土滩两个演替阶段合并为一个阶段。

长期以来, 小嵩草被认为是发育于高原山地阳坡的一个地带性植被^[10]。但持续的牧压和人为践踏也可以造成高寒矮嵩草群落向小嵩草群落的演替, 这种演替在青藏高原高寒嵩草草甸分布地区非常普遍。草地上的放牧通道、藏族“敖”周围的祭祀环道及持续超载放牧地段都很容易观测到。现在“三江源”地区大部分草地都处于小嵩草群落阶段, 解放初期, 那里的牧草可高及马腹。同时我们在位于中国科学院海北站地区的皇城乡桌子掌滩地相邻几牧户的草场上, 观测到了这种演替, 在 1991~1993 年野外考察时, 该地区属于草场处于典型的高

寒矮嵩草群落, 其草地小嵩草斑块极少, 斑块直径不足 10 cm, 可现在的部分牧户草场已经全部演变为小嵩草群落, 地表出现大量的小嵩草死亡斑块、地表塌陷、裂缝深达 33 cm^[19]。高寒矮嵩草草甸在短期内的极度放牧可以发生偏途演变为杂类草草地, 但经过小嵩草草甸的演替过程更为普遍。

关于杂类草群落与“黑土型”退化草地的合并, “黑土型”次生裸地并不是不长植物, 在生长季其上生长的植物主要是杂类草, 随着冬季放牧的践踏和风蚀作用, 春季地表光秃, 土壤裸露。因此将他们合并为一个阶段似乎更为妥切。

三个阶段: 分别为被动退化阶段(异针茅+羊茅-矮嵩草群落向矮嵩草群落的演替)、主动退化阶段(矮嵩草群落经小嵩草群落到杂类草“黑土型”次生裸地的演替)和过渡阶段(矮嵩草群落)(图 2)。

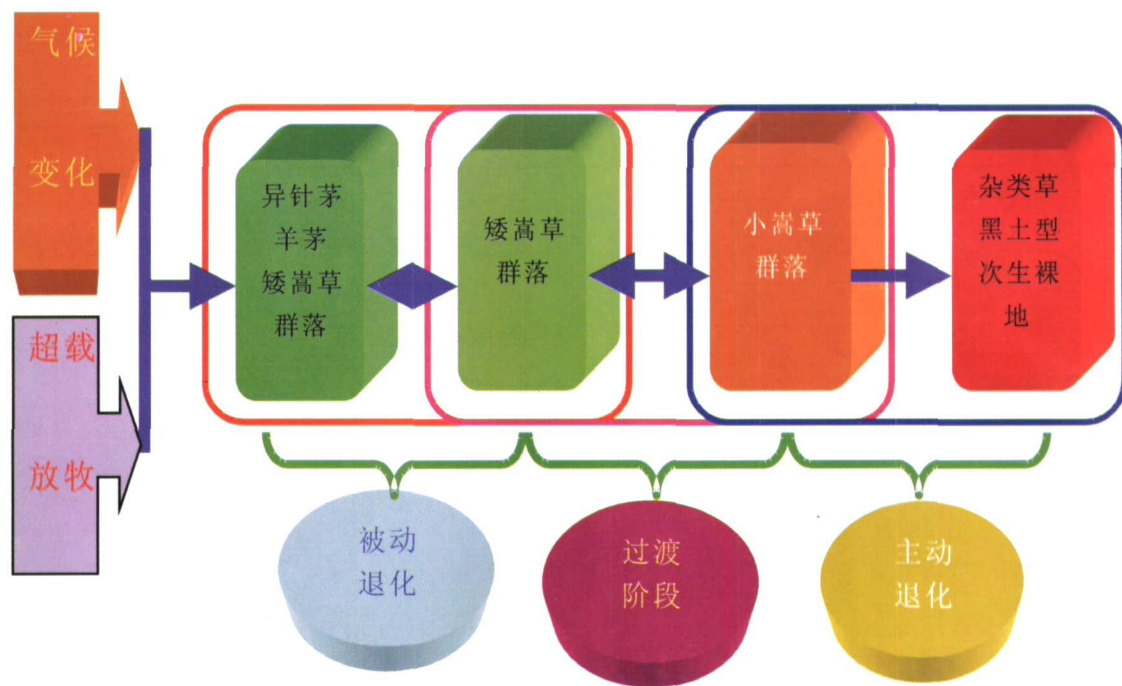


图 2 高寒嵩草草甸被动和主动退化假说

Fig 2 Doctrine of passive and active degradation in the alpine *Kobresia* meadow

两种动力: 在被动退化阶段, 家畜的选择性采食和践踏造成的禾本科牧草生长、繁殖受阻, 而引起草地植被群落的被动演替是该阶段发生的主要动力, 这与周兴民^[10]等研究结果一致。在主动退化阶段, 小嵩草植被的极度发育及小嵩草植物特殊的生物学特性(高地下 地上比), 造成地下根土比的增大, 营养元素生物固定的增多, 导致土壤-牧草间营养供求的失调和生理干旱, 进而刺激植物根系向下层土

壤的扩张, 如此的恶性循环, 最终在营养供求崩溃与干旱胁迫下, 草毡表层死亡, 失去弹性, 形成剥蚀、塌陷, 在冻融交替、降水冲刷和鼠类活动的作用下, 形成杂类草“黑土型”次生裸地。这个阶段草地表层形成了一厚 10~30 cm 的极富弹性的草毡表层, 践踏对它的影响极小。

2.2 被动退化与主动退化发生的佐证

放牧引起高寒草甸的植被演替是一个漫长的过

程,需要数十年的时间,因此只能采用空间代替时间的办法,研究高寒草甸的退化机理。2005~2006年,我们在中国科学院海北高寒草甸生态系统研究站地区,选择了具有不同放牧强度和植被特征(即退化阶段)的草地为研究对象^[19](表1),进行了土壤-牧草草毡表层厚度,根土比,地下/地上比养分供求、地表特征和水分渗透方面的研究。

2.2.1 退化演替过程中优势种及土壤根系系统变化

随着放牧强度的增加,垂穗披碱草(*Elymus nutans*)、异针茅(*Stipa aliena*)和矮嵩草(*Kobresia humilis*)的重要值逐渐减少,而小嵩草(*Kobresia pygmaea*)、美丽凤毛菊(*Saussurea superba*)、麻花苣(*Gentiana straminea*)以及异叶米口袋(*Gucklenstaed-*

tis diversifolia)这类杂类草的重要值都逐渐变大,逐渐成为群落中的主要物种^[19];莎草科植物逐渐成为优势种群后,在莎草科牧草特殊的生物学特性的驱动下,地下根系极度发育,根土比逐渐增大,土壤容重逐渐减少,单位体积的土壤要供给的根系增多;同时土壤草毡表层呈现逐渐加厚的变化过程(表2),从异针茅+羊茅-嵩草草甸群落的4.03±0.49 cm发育到小嵩草群落10.1±0.38 cm,而在“三江源”地区现在草地大部分处于小嵩草群落退化阶段,草毡表层厚度可达30~40 cm,杂类草群落和“黑土滩”阶段鼠害严重,草毡表层已基本被剥蚀破坏完全(图3)。统计分析表明,异针茅+羊茅-嵩草草甸群落、矮嵩草群落和小嵩草群落之间的草皮层厚度达到极显著水平($p<0.01$)。

表 1 高寒草甸不同退化演替阶段优势种变化
Table1 Variation of dominant species in different succession stages in alpine meadow

退化演替阶段	放牧强度 (只羊/hm ²)	优势种
异针茅+羊茅矮嵩草群落	3.65	垂穗披碱草(<i>Elymus nutans</i>)、矮嵩草(<i>Kobresia humilis</i>)
矮嵩草群落	8.25	小嵩草(<i>Kobresia pygmaea</i>)、羊茅(<i>Festuca ovina</i>)
小嵩草群落	11.25	小嵩草(<i>Kobresia pygmaea</i>)、美丽凤毛菊(<i>Saussurea superba</i>)
杂类草群落和“黑土滩”	-	雪白萎陵菜(<i>Potentilla nivea</i>)、美丽凤毛菊(<i>Saussurea superba</i>)

表 2 高寒草甸不同退化演替阶段根系系统变化
Table2 Variation of roots in different succession stages in alpine meadow

退化演替阶段	草毡表层厚度 (cm)	地上/地下比率	容重 (g/cm ³)	根土比 (v/v)
异针茅+羊茅-矮嵩草群落	4.03±0.49A	3	0.75±0.05b	0.44
矮嵩草群落	5.95±0.74B	8	0.58±0.06c	0.74
小嵩草群落	10.1±0.38C	13	0.54±0.04c	1.54
杂类草群落和“黑土滩”	-	-	1.00±0.02a	-

2.2.2 退化演替过程中地表特征变化

在小嵩草群落阶段,由于其地下根系极度发育,造成土壤养分的生物固定引起营养供求失调,同时由于草毡表层的加厚使得水分渗透能力降低而发生的局部死亡形成黑斑。干扰加剧引起草皮层的进一步死亡形成秃斑。家畜、害鼠以及风蚀、水蚀的继续作用,草皮层滑塌剥离,形成塌陷。秃斑的面积逐渐扩大,表层季节性融化与冻结交替进行又形成裂缝。

生境更加恶化,以小嵩草或矮嵩草为建群种的原生植被几乎消失形成“黑土滩”。

在同样调查10个样方的条件下,随着放牧强度增加,黑斑和秃斑的面积逐渐增大,塌陷和裂缝逐渐增多; G_7 中只1处有塌陷,长度为68 cm; G_8 中4处有塌陷,最大长度为62 cm; G_{11} 中3处有塌陷,6处出现裂缝,塌陷最大长度是60 cm,裂缝最大长度为64 cm(表3图3)。

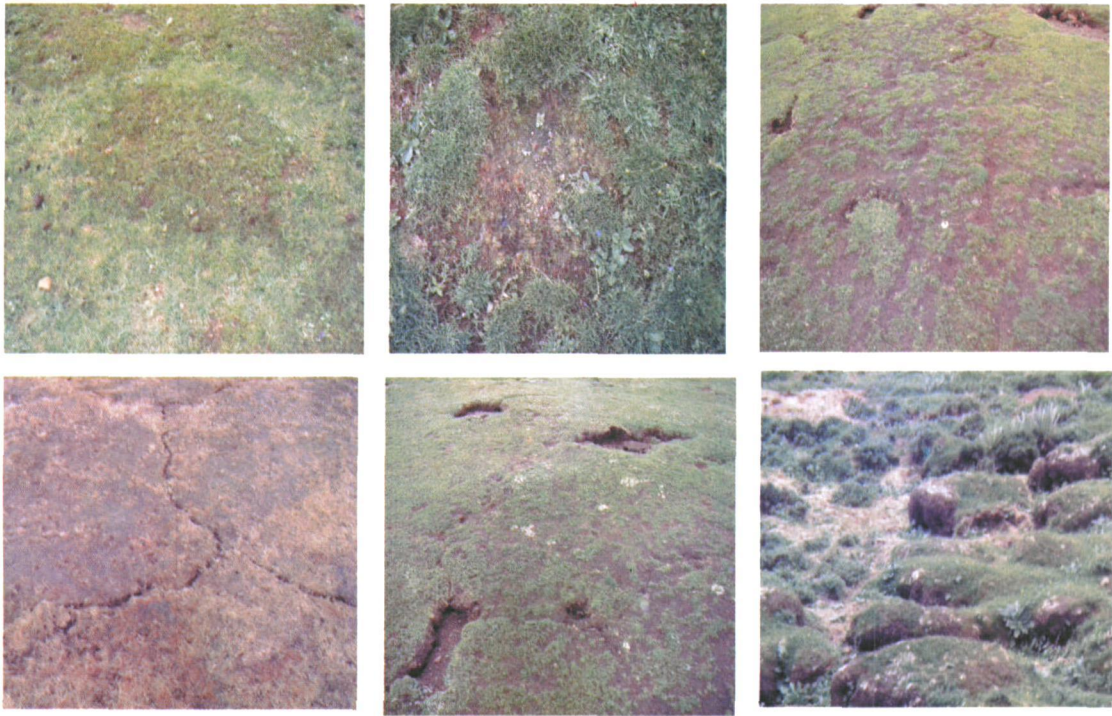


图 3 高寒草甸小嵩草群落和黑土滩地表特征

Fig 3 Character of *Kobresia parva* community and “black soil beach” in alpine meadow

表 3 高寒草甸小嵩草群落阶段地表特征变化

Table 3 Variation of *Kobresia parva* soil surface characteristic from different succession stages

实验处理	黑斑面积 (%)	秃斑面积 (%)	塌陷面积 (%)	长度 (cm)	深度 (cm)	宽度 (cm)	裂缝面积 (%)	长度 (cm)	深度 (cm)	宽度 (cm)
G_7	3	0	2	68	4	18				
G_8	30	14	13	25	1.5	7				
				50	6	8				
				62	4	18				
				53	3	22				
G_{11}	35	22	20				5	20	3.5	5
							5	12	6	3
				60	8	11				
						15	55	7	3	
				50	3	13	15	64	3	3
				50	7	50	15	50	3	2
						15	46	4	3	

注: G_7 放牧强度是 7.5 只羊 / hm^2 , G_8 放牧强度是 8.25 只羊 / hm^2 , G_{11} 放牧强度是 11.25 只羊 / hm^2

2.2.3 退化演替过程中的营养物质供求关系变化

随着放牧强度增加,土壤全量与速效养分(氮、磷)及土壤氮、磷矿化量均呈逐渐下降的趋势,其中全氮和速效磷分别减少了 47.0% 和 46.3%;虽然随着草地的退化演替,草地地上部生长对养分的需求量逐渐降低,但地下部却逐渐增加,特别是在异针茅

+ 羊茅 - 矮嵩草群落向矮嵩草群落的演替阶段,通过矿化作用所补充的氮、磷营养远低于植物生长需求的数量,且这些有限的养分主要都供给植物地下部根系的生长,成为生物固定而累积于土壤中,无法应用于牧业生产(表 4 图 4)。

表 4 高寒草甸不同退化阶段土壤的理化性状 (0~ 10 cm)

Table1 Soil chemical and physical characteristics under different degradation stage of alpine meadow (0~ 10 cm)

退化演替阶段	全氮 (%)	全磷 (%)	速效氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)
异针茅 + 羊茅 - 矮嵩草群落	0.83	0.083	34.46	10.46
矮嵩草群落	0.72	0.070	27.45	7.43
小嵩草群落	0.62	0.067	17.08	6.83
杂类草群落和“黑土滩”	0.44	0.065	22.40	5.62

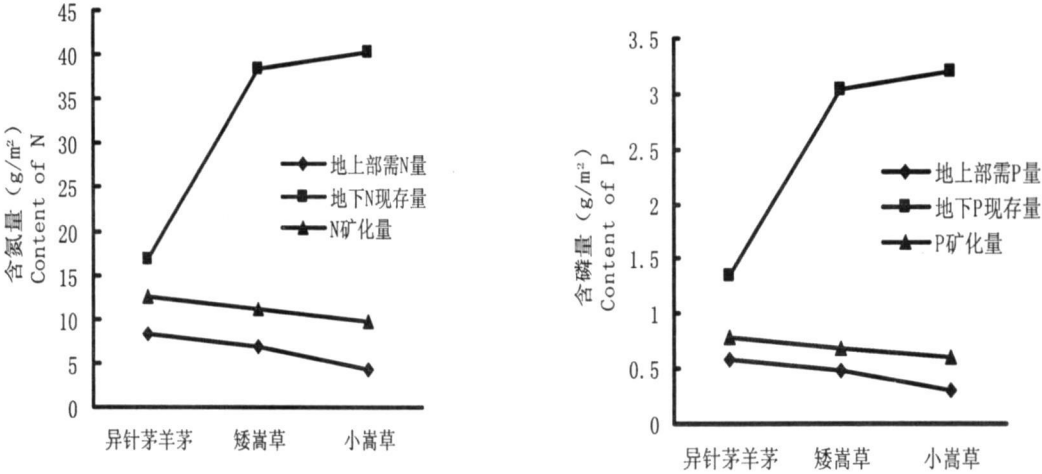


图 4 高寒草甸生态系统氮、磷营养供给和需求

Fig 4 Supply-demand of N/P in alpine meadow ecosystem

2.2.4 退化演替过程中的水分渗透变化

随着放牧强度增加,土壤湿度逐渐降低,降幅最大达到 44.90%。统计检验表明,不同退化阶段的土壤湿度组间差异达到极显著水准 ($p < 0.01$, 表 5)。在小嵩草退化阶段,植物根系急剧增多,土壤无法提供其生长需要的足够的营养,地表出现大量的黑斑、秃斑和裂缝以及塌陷处 (见图 3)。并且由于草毡表层对降水下渗的阻滞,降水顺着地表裂缝进入土壤深层无法被根系利用成为“无效水”。

从异针茅 + 羊茅 - 矮嵩草群落到小嵩草群落,降水水分渗透速率降低了 1.81 mm/m in。在杂类草群落和“黑土滩”时,其土壤水分和水分渗透速率地段间变异极大,水分渗透速率可从 2.11 到 22.20 mm/m in,土壤湿度 26.38% 到 42.13%,这可能由于鼠类土丘在风、水力作用下,鼠丘土覆盖部分地段的草毡表层,使得地表景观十分相似,而下覆土层实际差异极大。统计检验表明,水分渗透速率也可分为三组,组间差异达到极显著水准 ($p < 0.01$, 表 5)。这与我们划分的四个时期,三个阶段相一致。

表 5 高寒草甸不同退化阶段土壤湿度和渗透速率

Table 5 Soil moisture and saturation rate under different degradation stage of alpine meadow

退化演替阶段	土壤湿度 (%)	渗透速率 (mm /m in)
异针茅 + 羊茅 - 矮嵩草群落	47.82+ 2.53A	2.18+ 0.046A
矮嵩草群落	40.68+ 2.38B	1.43+ 0.032B
小嵩草群落	27.33+ 3.22C	0.37+ 0.005C
杂类草群落和“黑土滩”	26.35+ 2.78C	22.20+ 0.552

3 讨论

青藏高原高寒嵩草草甸在长期对寒冷环境适应进化中,具有较高的稳定性及特殊的维持机制,可以承受一定范围内的外界人为干扰和气候波动,具有较高的系统调控能力和恢复能力,但是这种抗性也是有一定限度的。今天高寒草地大面积的退化,是人类对草地的干扰远远超出了草地的自然承载力^[20]。

草地的退化是一个复杂的过程,既是草地系统对外界的被动适应也是草地对外界干扰的自我调节

过程^[21-23]; 脆弱的生态环境是高寒草地退化的自然内营力, 人为干扰 (放牧) 和不合理利用是草地退化的主要外在驱动力^[24-26]。高寒草甸为了适应外界的干扰造成草毡表层极度发育增厚, 及其引起的草地内部性状的改变是草地退化的主要原因。草毡表层加厚虽然可以极大的增加系统的稳定性, 但是随着它的极度发育, 老化、死亡、剥蚀造成的土壤细粒物质和养分的损失及其对降水渗透的阻滞和保蓄能力的降低 (水分从地表的裂缝处下渗, 根系无法利用成为无效水), 这必然会造成草地稳定性消失殆尽, 引起草地退化。

草地退化有不同的阶段分异, 正确认识高寒嵩草的退化过程及发生机理, 对于进行退化草地恢复治理的措施选择上具有重要的指导意义。不同的退化阶段需要充分分析各阶段植被、土壤和地表特征发生分异的阈值, 从土壤、植物、微环境等草地内在因子之间的耦合与交互关系上, 探讨减缓草地退化的适合途径。在处于被动退化阶段的高寒嵩草草地, 通过降低解除现有的牧压, 通过补播和耙松等措施, 就可以使草地得到休养生息。而一旦进入主动退化阶段, 草皮的塌陷、斑驳, 最终形成“黑土滩”型退化草地, 这是不可避免的也是不可逆转的。在草毡表层已经极度发育的小嵩草群落后期阶段, 老化草毡表层厚度往往达 20~30 cm, 坚硬如铁, 只凭借自然的力量进行分解, 大约需要 10 a 或更久的时间。在鼠类活动和地表风蚀的作用下, 地表种子库的贮量也大打折扣, 这就需要人工破除, 为原生植被中期的侵入创造条件。

“三江源”地区进行的退牧还草工程, 是一项“功在当代, 利在后代”的壮举。鲍新奎^[27]在自然高寒草甸土壤上, 进行了矮嵩草植物移植, 经过模拟计算其大约需要经过 16 a 的时间, 该植物群落才能达到正常高寒草甸的基本特征。退牧还草草地需要多少年就可以趋于稳定, 尚没有一个清楚的认识, 而“三江源”地区高寒草地已严重退化, 草地的治理恢复更是一个漫长的过程, 想要依靠大量的资金投入迅速恢复是不可能的, 需要尊重自然规律, 持之以恒, 不可半途而废, 否则造成不可估量的损失。

参考文献 (References)

- [1] Yang Rurong Reason of degradation and sustained development analysis in our western grassland [J]. *Practical Rural Science*, 2002, 1: 23~27 [杨汝荣. 我国西部草地退化原因及可持续发展分析 [J]. 草业科学, 2002, 1: 23~27]
- [2] Li Jiafeng The soil erosion and prevention countermeasure in “three source rivers” of Yushu [J]. *SWCC*, 2003, 3: 28~29 [李家峰. 玉树“三江源”区的水土流失及防治对策 [J]. 中国水土保持, 2003, 3: 28~29]
- [3] Wang Daming Yan Hongbo The project of replace pasture to stockbreeding reform the ecology environment [J]. *Qinghai Pratical Rural*, 2001, 10(3): 37~39 [王大明, 颜红波. 退牧还草改善草地生态环境 [J]. 青海草业, 2001, 10(3): 37~39]
- [4] Feng Jianmin Wang Tao Qi Shanzhong et al Study on dynamic changes of desertification and causal analysis in source region of Yellow River [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2004, 18(3): 141~145 [封建民, 王涛, 齐善忠等. 黄河源区土地沙漠化的动态变化及成因分析 [J]. 水土保持学报, 2004, 18(3): 141~145]
- [5] Bai Wangqi Zhang Yili Xie Gaoji et al Analysis of formation cause of grassland degradation in Maduo County in the source region of Yellow River [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13(7): 823~826 [摆万奇, 张锦锂, 谢高地, 等. 黄河源区玛多县草地退化成因分析 [J]. 应用生态学报, 2002, 13(7): 823~826]
- [6] Wang Genxu Cheng Guodong Characteristics of grassland and ecological changes of vegetations the source regions of Yangtze and Yellow Rivers [J]. *Journal of Desert Research*, 2001, 21(2): 101~107 [王根绪, 程国栋. 江河源区的草地资源特征与草地生态变化 [J]. 中国沙漠, 2001, 21(2): 101~107]
- [7] Lan Yurong Some important problems of ecological recovery of “Sanjiangyuan” Area in Qinghai province [J]. *Territory and Natural Resource Study*, 2005, 3: 51~52 [兰玉蓉. 青海三江源区生态恢复需要解决的几个问题 [J]. 国土与自然资源研究, 2005, 3: 51~52]
- [8] Long Ruijun Service function and its character of grassland ecosystem [J]. *Science Technology Review*, 2007, 25(9): 26~28 龙瑞军. 青藏高原草地生态系统服务功能及其生物组分特征刍议 [J]. 科技导报, 2007, 25(9): 26~28
- [9] Wang Shiping Grazing resistance of rangeland plants [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(3): 517~522 [汪诗平. 草原植物的放牧抗性 [J]. 应用生态学报, 2004, 15(3): 517~522]
- [10] Zhou Xingmin, Zhao Xinquan, Cao Guangmin, et al Chinese Kobresia Meadow [M]. Beijing Science Press, 2001. [周兴民, 赵新全, 曹广民, 等. 中国高嵩草甸 [M]. 北京: 科学出版社, 2001.]
- [11] Zhou Xingmin, Wu Zhenlan Vegetation and Plants Searchers List on The Habei Research Station of Alpine Meadow Ecosystem, the Chinese Academy of Science [M]. Xining Qinghai People's Press, 2006, 30~35 [周兴民, 吴珍兰. 中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站植被与植物检索表 [M]. 西宁: 青海人民出版社, 2006, 30~35]
- [12] Wang Qiji Lai Dezheng, Jing Zengchun et al The resources ecological environment and sustainable development in the source regions of the Yangtze, Huanghe and Yalu Tsangpo Rivers [J]. *Journal of Lanzhou University (Natural Sciences)*, 2005, 41(4): 50~55 [王启基, 来德珍, 景增春等. 三江源区资源与生态环境现状及可持续发展 [J]. 兰州大学学报 (自然科学版), 2005, 41(4): 50~55]
- [13] Powell GL, Whisenant BK. Comparison of three lasers for dental instrument sterilization [J]. *Lasers Surg. Med*, 1991, 11: 69~71
- [14] Wang Shiping, Wang Yanfen, Li Yonghong et al The influence of

- different stocking rates on herbage regrowth and aboveground net primary production [J]. *Acta Agrestia Sinica*, 1998, 6(4): 275~281[汪诗平, 王艳芬, 李永宏等. 不同放牧率对草原牧草再生性能和地上净初级生产力的影响 [J]. 草地学报, 1998, 6(4): 275~281]
- [15] Long R J, Apori S O, Castro F B *et al*. Feed value of native forages of the Tibetan Plateau of China [J]. *Animal Feed Science and Technology*, 1999, 80(2): 101~113
- [16] Briske D. Developmental morphology and physiology of grasses [A]. In: Heitschmidt R K and Struth J W, eds. *Grazing Management: An Ecological Perspective* [C]. Portland Oregon: Timber Press, 1991: 85~108
- [17] Zhou Huakun, Zhou Lij, Zhao Xinquan, *et al*. Influence of grazing disturbance on alpine grassland [J]. *Grassland of China*, 2002, 24(5): 53~61[周华坤, 周立, 赵新全, 等. 放牧干扰对高寒草场的影响 [J]. 中国草地, 2002, 24(5): 53~61]
- [18] Liu Wei, Wang Qij, Wang Xi *et al*. Ecological process of forming "Black-Soil-Type" degraded grassland [J]. *Acta Agrestia Sinica*, 1999, 7(4): 300~307[刘伟, 王启基, 王溪, 等. 高寒草甸“黑土型”退化草地的成因和生态过程 [J]. 草地学报, 1999, 7(4): 300~307]
- [19] Du Yangong, Cao Guangn, Wang Qilan *et al*. Effect of grazing on surface character and soil physical property in alpine meadow [J]. *Journal of Mountain Science*, 2007, 25(3): 338~343[杜岩功, 曹广民, 王启兰, 等. 放牧对高寒草甸地表特征和土壤物理性状的影响 [J]. 山地学报, 2007, 25(3): 338~343]
- [20] Seher S J. Soil degradation: A threat to developing-country food security by 2020 Vision 2020 [J]. *Food, Agriculture and the Environment Discussion Paper*, 1999, 27: 14~25
- [21] Richard D B, Angela C J, David L J *et al*. Soil microbial community patterns related to the history and intensity of grazing in submontane ecosystems [J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2001, 33: 1653~1664
- [22] Hans W P and Timothy F S. Scaling up: the next challenge in environmental microbiology [J]. *Environmental Microbiology*, 2003, 5(11): 1025~1038
- [23] Chen Bq, Zhou Xingn, Wang Qiji *et al*. Research of community niche in alpine meadow [J]. *Alpine Meadow Ecosystem Fasc*, 4, 1995: 73~90[陈波, 周兴民, 王启基, 等. 高寒草甸植物种群的生态位研究 [J]. 高寒草甸生态系统, 4, 1995: 73~90]
- [24] Long Ruijun, Wang Yuansu, J. Pagella *et al*. Absorption transformation and distribution of xenobiotics and their metabolites in ruminants tissues [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2005, 14(3): 50~55[龙瑞军, 王元素, J. Pagella, 等. 异生物素及其代谢物在反刍家畜组织的分泌与排泄机理 [J]. 草业学报, 2005, 14(3): 50~55]
- [25] Bruce A C. 2005. Enzyme activities as a component of soil biodiversity: A review [J]. *Pedobiologia*, 49(6): 637~644
- [26] Hou Fujang, Chang Shenghua, Yu Yingwen *et al*. A review on trampling by grazed livestock [J]. *Acta Ecologia Sinica*, 2004, 24(4): 784~789[侯扶江, 常生华, 于应文, 等. 放牧家畜的践踏作用研究评述 [J]. 生态学报, 2004, 24(4): 784~789]
- [27] Bao Xinkui, Gao Yikun. Character and distinguish standard of mottic epipedon [A]. In: *New theory of Chinese Soil System Classification* [C]. Beijing: Science Press, 1994: 302~309 [鲍新奎, 高以信. 草毡表层主要特征及鉴别指标 [A]. 中国土壤系统分类新论 [C]. 北京: 科学出版社, 1994: 302~309]

Character of Passive-Active Degradation Process and Its Mechanism in Alpine *Kobresia* Meadow

CAO Guangn¹, DU Yangong^{1,2}, WANG Qilan¹, WANG Changting¹, LIANG Dongying^{1,2}

(1 Northwest Plateau Institution of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China;

2 Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract The degradation of alpine *Kobresia* meadow was more and more seriously from 1980s and excessive grazing intensity was the essential reason which led to the pasture ecosystem degradation. Nowadays it was thought that vegetation succession which caused by excessive grazing and the rodent led to the degradation in alpine *Kobresia* meadow. We think the degradation process of alpine meadow can be divided into four stages such as *Stipa sliena* + *Festuca ovina* + *Kobresia humilis*, *Kobresia humilis*, *Kobresia parva* and herb- "black-soil-type". With the grazing intensity increasing the mottic epipedon was increased, meanwhile both the saturation ratio and soil moisture decreased, moreover the nutrient was used to the roots growth and accumulated into the soil. It was found that *Stipa sliena* + *Festuca ovina* + *Kobresia humilis* community succeed to *Kobresia parva* community and the *Kobresia humilis* community was in term. The degradation mechanism should deepen to excessive grazing and special biological characters of the *Kobresia*, in the same time the degradation process was detached into passive and active stage. The degenerated pasture could recover by reducing grazing intensity, killing rodent and setting up enclosure in passive stage, however once into active stage it was inevitable and unreversed to form finally "black-soil-type" meadow.

Key words Alpine *Kobresia* meadow; passive degradation; active degradation; biology character; mottic epipedon