

内蒙古退化草原 8 种植物叶结构对禁牧的响应

于向芝¹, 贺 晓^{1,*}, 张 韬¹, 王 炜²

(¹ 内蒙古农业大学生态环境学院, 呼和浩特 010019 ² 内蒙古大学自然资源研究所, 呼和浩特 010021)

摘要 在内蒙古典型草原地带, 选择有代表性的羊草 + 大针茅群落的放牧退化演替变型—冷蒿 + 糙隐子草群落实行封育禁牧。并对未禁牧群落 (退化群落)、禁牧 7a 的群落和禁牧 20a 群落的 8 种主要植物叶的解剖结构特征进行比较研究, 以探讨植物叶结构对禁牧的响应。结果表明 禁牧恢复演替后叶片角质层厚度和叶肉细胞密度降低、5 种植物叶片变薄、星毛委陵菜上表皮细胞明显变小, 植物叶旱生特征减弱。但草地退化后植物叶又不完全表现为旱化或加强旱化的特性。从植物叶结构的变化中可见星毛委陵菜具有较强的耐牧性。对于植物叶结构其它指标, 则不存在明显的一致性变化趋势。

关键词 退化草原 叶结构 禁牧 响应

文章编号 1000-0933 (2007)04-1638-08 **中图分类号** Q948 **文献标识码** A

Response of leaf structures of 8 plants to grazing prohibition in degraded grassland of Inner Mongolia

YU Xiang-Zhi¹, HE Xiao^{1,*}, ZHANG Tao¹, WANG Wei²

¹ College of Ecology and Environmental Science, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010019, China

² Natural Resources Institute, Inner Mongolia University, Huhhot 010021, China

Acta Ecologica Sinica, 2007, 27 (4) 1638 ~ 1645.

Abstract : Representative communities of *Artemisia frigida* + *Cleistogenes squarrosa* which was the succession aberration of *Leymus chinensis* + *Stipa grandis* community were fenced in the Inner Mongolia typical steppe in 1983 and 1996 in order to observe the community succession processes. Eight predominant plants were collected from unfenced community (degenerated community), community fenced for 7 years and community fenced for 20 years. Leaf anatomical structures were compared to reveal the responses of plant leaf structures to grazing prohibition. It was showed : after fencing, the cuticle thickness, mesophyll cell density of leaves and leaf thickness of 5 species were lower than those before fencing, upper epidermis cells of *Potentilla acaulis* in community fenced for 20 years was smaller than those in degenerated community and in community fenced for 7 years, and the xerophytic characters of the leaves weakened. Plant leaves in degraded community did not fully reflect the xerophytic characters, or strengthened xerophytic characters. Based on the changes of leaf structures, it could be seen that tolerance to grazing in *Potentilla acaulis* was higher than those in the other species. Other indicators of leaf structure did not show the same trends.

Key Words : grassland degradation ; leaf structure ; grazing prohibition ; response

基金项目 国家自然科学基金资助项目 (30330120)

收稿日期 2006-03-21 ; 修订日期 2006-11-28

作者简介 : 于向芝 (1980 ~), 女, 满族, 内蒙古赤峰市人, 硕士生, 主要从事植物解剖学研究. E-mail : hexiao123@21cn. com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail : hexiao123@21cn. com

Foundation item : The project was financially supported by the Key Program of National Natural Science Foundation of China (No. 30330120)

Received date 2006-03-21 ; **Accepted date** 2006-11-28

Biography YU Xiang-Zhi, Master candidate, mainly engaged in plant anatomy. E-mail : yuxiangzhi2004@163. com

草原群落在过度放牧下的退化,其导因可以归结为放牧动物对草原植物的物理作用^[1],放牧动物对土壤的物理作用^[2,3],放牧对土壤养分的影响^[4],放牧对土壤水分的影响^[5]等。群落退化的特征性结果主要为群落生产力的大幅度下降和优势种的更替^[6,7]。在导因与结果间存在诸多中间环节,即群落对放牧的响应,由一系列演替过程中的群落、种群、个体的特性所体现。其中植物个体小型化是过度放牧所致草原退化较典型的特征。小型化植物表现为植株变矮,叶片变短,变窄,节间缩短,以及根系分布浅层化等^[8]。这些形态特征的变化是否是植物内部结构变化的反应,需要研究。在植物的各器官中,叶片作为植物体暴露在环境中面积最大的器官,对环境因子的影响较敏感,因此选择叶片作为研究对象,对小型化的植物个体在恢复演替过程中外部形态变化与内部结构变化的关系进行研究,具有典型性。对这一现象的揭示,既可以反映草原群落在退化演替过程中环境因子对植物的影响程度,又可为草原群落退化—恢复演替中个体以下层次的研究提供理论依据。本项研究以内蒙古典型草原为对象,选定有代表性的羊草 (*Leymus chinensis*) + 大针茅 (*Stipa grandis*) 群落的放牧退化演替变型—冷蒿 (*Artemisia frigida*) + 糙隐子草 (*Cleistogenes squarrosa*) 群落,对其实行封育禁牧,并通过不同封育年限来表示恢复演替的时间序列,选定群落中的 8 种重要植物进行对比研究,揭示退化群落禁牧恢复演替后植物叶结构所做出的响应。

1 样地概况

本实验所用材料采于内蒙古锡林郭勒盟典型草原区、中国科学院白音锡勒草原生态系统定位研究站设置的围栏样地。实验样地的地理坐标为 北纬 43°33'12" ~ 43°33'35", 东经 116°42'26" ~ 116°42'31"。该样地位于白音锡勒牧场锡林河阶地与丘陵坡麓间,地势略倾斜,地表较平整。该区土壤为典型栗钙土,原生植被为羊草 (*Leymus chinensis*) + 大针茅 (*Stipa grandis*) 群落^[9],退化后为冷蒿 (*Artemisia frigida*) + 糙隐子草 (*Cleistogenes squarrosa*) 变型。实验地所在地区平均年降水量 349.6mm,年均温 0.18℃。

实验样地于 1983 年 5 月用网围栏封育,总面积 26.6hm²,样地中的群落外貌比较均匀一致,围封时为严重退化的冷蒿 + 糙隐子草群落,封育后停止放牧利用,现已接近原生群落,在本实验中定为样地Ⅲ。1996 年围封的退化群落恢复样地是上一围栏样地外南端向南延伸 50m 围封而成,面积 50 × 400m²,在本实验中定为样地Ⅱ。另一样地为 2004 年围封的严重退化群落,与以上两样地只有一条网围栏相隔,在本实验中定为样地Ⅰ。以上 3 样地围封时的群落状态相似,且具有原生群落和生境的一致性。

2 材料和方法

2004 年 7 月从上述 3 块样地取材。对群落演替有明显贡献的建群种、优势种和常见种是本文所研究的对象。所采植物为冷蒿 (*Artemisia frigida*)、糙隐子草 (*Cleistogenes squarrosa*)、大针茅 (*Stipa grandis*)、羊草 (*Leymus chinensis*)、黄囊苔草 (*Carex korshinskyi*)、木地肤 (*Kochia prostrata*)、星毛委陵菜 (*Potentilla acaulis*)、扁蓿豆 (*Melilotoides ruthenica*) 的叶。于 3 块样地中随机取 20 个不同植株上的叶片,所有材料均已成熟、健康,且着生位置一致。将叶片切成 0.5 ~ 1cm 的小段,用 FAA 固定液固定。对同一种植物随机取 10 个个体的叶片,经石蜡切片法切成 10 ~ 12μm 厚的切片,番红固绿对染,中性树胶封片,Olympus 光学显微镜下照相,Photoshop8.0 软件测量尺测量。每一样品随机取十个视野进行测量。测量指标有上、下表皮角质层厚度,上、下表皮细胞大小 (面积),叶肉细胞大小 (面积),叶肉组织细胞密度,叶肉组织厚度 或 栅栏组织厚度/海绵组织厚度),叶片厚度。

用 SAS6.12 对所测数据做单因素方差分析。

3 结果与分析

3.1 各植物叶片的结构特点

由图 1 可见,8 种植物叶结构特点。

3.1.1 星毛委陵菜

表皮由单层细胞构成,细胞从横切面看近长柱形或方形,下表皮细胞体积较上表皮细胞体积小。表皮具角质层,其中上表皮角质层较明显。表皮具星状表皮毛,并分布有气孔。两面叶,栅栏组织与海绵组织比大于

接彩图 1

1, 栅栏组织细胞 2~3 层, 细胞呈不规则长柱形。

3.1.2 大针茅

表皮由单层细胞构成, 细胞在横切面上呈圆形或椭圆形, 下表皮细胞较上表皮细胞大。上、下表皮细胞都具较厚的角质层。上表皮折叠, 泡状细胞较小, 气孔位于上表皮的凹陷区。机械组织在叶片中所占的比例较大, 叶肉组织所占的比例较小。叶肉细胞呈长柱形, 3~4 层, 细胞质较浓。

3.1.3 扁蓿豆

表皮由单层细胞构成, 细胞形状不规则。上、下表皮细胞均具有明显的角质层, 且均有气孔分布。两面叶, 栅栏组织与海绵组织比接近 1, 栅栏组织细胞 2~3 层, 细胞呈不规则长柱形。

3.1.4 冷蒿

叶属全裂, 在本实验中, 取侧裂片。表皮细胞单层, 细胞在横切面呈圆形或椭圆形, 上、下表皮细胞大小比较均匀。上、下表皮均被有明显角质层, 且均有气孔分布。环栅型。栅栏组织细胞一般有 2~3 层, 排列较疏松, 含有丰富的叶绿体。在两部分栅栏组织之间, 有些零散分布的薄壁组织细胞。

3.1.5 黄囊苔草

上表皮细胞近长柱, 下表皮细胞近圆形, 下表皮较上表皮细胞小。表皮细胞外壁强烈加厚, 上、下表皮具较厚的角质层。气孔分布于下表皮, 与叶肉组织中的气腔相对而生。叶肉组织细胞大小较均匀, 细胞质较浓。叶肉组织中具大的气腔, 气腔与维管束相间排列。

3.1.6 糙隐子草

表皮细胞较小, 有些细胞壁向外形成突起。上、下表皮具明显的角质层, 且均具有气孔分布。维管束鞘的外层鞘细胞体积较大, 在横切面上看, 其直径大于叶肉厚度, 原生质较浓。泡状细胞较发达, 其厚度相当于叶肉厚度。

3.1.7 木地肤

叶片条形。表皮细胞为两层, 内层细胞中有晶体, 细胞近长方形, 大小基本一致, 外层细胞的外侧细胞壁加厚。上下表皮具角质层。表皮有气孔分布, 等面叶, 叶肉部分完全特化为栅栏组织, 形成一层细胞环包着维管束鞘。维管束鞘细胞体积较大, 靠近叶肉部分的维管束鞘细胞细胞质较浓, 其余的转变成为储水组织。储水组织与鞘细胞相接处的细胞中含有晶体。

3.1.8 羊草

上下表皮细胞近圆形, 大小较均匀。上、下表皮角质层较厚。上表皮有气孔分布, 叶肉细胞原生质较浓, 且紧靠细胞壁。

3.2 恢复演替过程中各植物叶结构的变化

植物的结构和功能是统一的, 为适应特定的生境, 植物表现出相应的结构特征。对处于不同演替阶段的植物叶结构特征进行分析, 可以了解禁牧后恢复演替过程中 8 种植物叶结构所发生的改变, 并由此推及这些改变与过牧和禁牧所导致的小环境的变化之间的相互关系, 即植物对过牧环境的适应。同时可以了解演替过程中一些环境因子的变化规律。对 8 种植物叶结构的 8 项指标进行测量, 并对数据作单因素方差分析, 具体结果见表 1。

3.2.1 禁牧恢复演替过程中 8 种植物叶角质层厚度的变化

从表中可以看出角质层厚度在禁牧恢复演替后表现出降低的趋势。单因素方差分析的结果表明, 禁牧后糙隐子草、针茅上表皮角质层厚度明显变薄, 其变化是极显著的。冷蒿、星毛萎陵菜上表皮角质层厚度和扁蓿豆下表皮角质层厚度围封后变薄, 在 0.05 水平上有显著差异。禁牧后其它植物角质层厚度的变化不显著。

3.2.2 禁牧恢复演替过程中 8 种植物叶表皮细胞大小的变化

从表可以看出, 冷蒿、星毛萎陵菜、苔草、木地肤表皮细胞、羊草与扁蓿豆下表皮细胞、糙隐子草与大针茅上表皮细胞大小均有减小的趋势; 羊草、扁蓿豆上表皮细胞, 糙隐子草与大针茅下表皮细胞大小有增加的趋

势。通过方差分析可以看出,禁牧对星毛萎陵菜的上表皮细胞的大小影响显著,禁牧后,上表皮细胞明显变小。禁牧对其它植物表皮细胞的影响不大。

表 1 8 种植物叶结构各指标测量及单因素方差分析结果

Table 1 measurements and single factor variance analysis of leaves structures of 8 plant species

植物种 Plant	样地 Sampling site	上表皮角质层 厚度 Cuticle thickness of upper epidermis 均值 $Pr > F$	下表皮角质层 厚度 Cuticle thickness of lower epidermis 均值 $Pr > F$	上表皮细胞 面积 Area of upper epidermis cell 均值 $Pr > F$	下表皮细胞 面积 Area of lower epidermis cell 均值 $Pr > F$	叶肉细胞 面积 Area of mesophyll cell 均值 $Pr > F$	叶肉细胞 密度 Density of mesophyll cell 均值 $Pr > F$	叶肉厚度 Mesophyll thickness 均值 $Pr > F$	叶片厚度 Leaf thickness 均值 $Pr > F$
糙隐子草 <i>Cleistogenes squarrosa</i>	I	4. 23	3. 2	124	143	185	6. 59	47	135
	II	3. 73 0. 006 **	2. 66 0. 12	136 0. 507	168 0. 127	187 0. 328	7 0. 0001 **	43 0. 657	135 0. 984
	III	3. 15	3. 15	119	156	217	5. 17	44	137
木地肤 <i>Kochia prostrata</i>	I	3. 84	5. 23	1404	1495	888	4. 64	68	631
	II	5. 46 0. 223	5. 71 0. 617	1454 0. 379	1363 0. 987	876 0. 947	5. 36 0. 321	65 0. 927	572 0. 03 *
	III	4. 79	4. 96	1370	1466	856	5. 15	67	556
大针茅 <i>Stipa grandis</i>	I	3. 41	9. 77	173	765	236	5. 14	198	160
	II	2. 97 0. 011 **	10. 190. 459	158 0. 062	699 0. 721	231 0. 802	4. 83 0. 765	127 0. 592	183 0. 043 *
	III	2. 61	9. 54	141	780	223	5. 11	151	203
羊草 <i>Leymus chinensis</i>	I	6. 73	7. 57	514	885	1112	2. 27	175	318
	II	6. 10 0. 736	7. 51 0. 968	454 0. 28	729 0. 654	1055 0. 165	2. 510. 025 *	149 0. 255	2690. 136
	III	6. 39	7. 51	535	790	880	1. 97	170	286
黄囊苔草 <i>Carex Korshinskyi</i>	I	9. 60	7. 73	2355	1011	615		253	358
	II	7. 88 0. 118	7. 10 0. 236	2162 0. 939	1088 0. 224	477 0. 134		267 0. 532	371 0. 625
	III	7. 41	6. 39	2240	799	478		264	367
星毛萎陵菜 <i>P. acaulis</i>	I	3. 88		1979	493	1779	6. 47	1. 28	238
	II	3. 15 0. 033 *		1821 0. 03 *	555 0. 685	883 0. 401	5. 7 0. 004 **	1. 45 0. 242	219 0. 15
	III	2. 88		1231	474	830	5. 69	1. 34	208
扁蓿豆 <i>Melilotoides ruthenica</i>	I	4. 33	5. 54	1616	2537	1509	4. 39	1. 08	368
	II	4. 64 0. 271	4. 620. 018 *	1508 0. 08	1744 0. 074	1491 0. 17	3. 78 0. 221	0. 970. 046 *	364 0. 083
	III	3. 78	3. 86	1866	2136	1225	4. 05	0. 80	317
冷蒿 <i>Artemisia frigida</i>	I	8. 00	7. 99	758	683	1205	3. 92	227	284
	II	6. 78 0. 047 *	6. 15 0. 118	817 0. 545	968 0. 134	1738 0. 179	2. 530. 026 *	2310. 884	284 0. 762
	III	5. 10	5. 86	694	634	1672	2. 51	217	262

均值 Average ; * * 差异极显著 Very significantly different, * 差异显著 Significantly different ;厚度 Thickness (μm),面积 area (μm²),密度 density 细胞个数/100μm cells /100μm

3. 2. 3 禁牧恢复演替过程中 8 种植物叶肉细胞大小的变化

从数值变化的趋势可以看出,禁牧后,恢复演替过程中扁蓿豆、星毛萎陵菜、苔草、大针茅、羊草、木地肤叶肉细胞均有变小的趋势。冷蒿、隐子草叶肉细胞有增大的趋势。但方差检验结果表明,禁牧对各植物叶肉细胞大小没有显著影响。

3. 2. 4 禁牧恢复演替过程中 8 种植物叶肉细胞密度的变化

叶肉细胞密度在禁牧恢复演替后表现出降低的趋势。方差分析结果显示,禁牧后糙隐子草和星毛萎陵菜叶肉细胞密度降低极显著。禁牧后羊草、冷蒿叶肉细胞密度显著降低。禁牧对木地肤、针茅、扁蓿豆的叶肉细胞密度没有明显影响。

3.2.5 禁牧恢复演替过程中 8 种植物叶肉组织厚度（或栅栏组织厚度/海绵组织厚度）的变化

测定结果显示,随着禁牧后恢复演替的进行,扁蓿豆栅栏组织厚度/海绵组织厚度、冷蒿、隐子草、针茅、羊草、木地肤的叶肉厚度降低;星毛萎陵菜栅栏组织厚度/海绵组织厚度、苔草叶肉厚度均有升高的趋势。通过方差分析可以看出,过牧后扁蓿豆栅栏组织厚度/海绵组织厚度显著升高。禁牧对其它植物叶肉厚度的影响不显著。

3.2.6 禁牧恢复演替过程中 8 种植物叶片厚度的变化

随着禁牧后恢复演替的进行,大针茅、黄囊苔草、隐子草叶片厚度均增加,而木地肤、扁蓿豆、冷蒿、星毛萎陵菜、羊草叶片厚度随恢复演替的进行呈降低趋势。禁牧对木地肤和针茅的叶片厚度影响显著。禁牧对其它植物叶片厚度的影响不显著。

4 讨论与结论

4.1 讨论

在内蒙古草原,群落演替主要是由在一定的放牧压力下,维持不同植物种群消长来实现的。不同植物种群对放牧的反应不同,因而放牧影响下的群落表现出分异和趋同^[0],因此植物个体结构特征也会有不同或相似的变化。通过观察、测定和分析可以看出,过度放牧后退化的草原群落,植物叶片表现角质层变厚的特征,而禁牧恢复后角质层变薄,且不同植物反应的程度不同。其中过牧对糙隐子草、大针茅、扁蓿豆、星毛萎陵菜和冷蒿叶角质层厚度分别呈现极显著和显著的影响。角质层厚度是反映植物抗旱能力的一个重要指标,角质层能够防止植物体内水分的过分蒸腾,同时也降低了牧草的适口性,从而认为植物角质层变厚是草原植物普遍的对家畜啃食的一种防御措施。

放牧对草原群落植物叶结构影响较大的另一个指标是叶肉细胞密度。从分析结果看出,禁牧后草原群落植物叶肉细胞密度有降低的趋势,即过牧退化后植物叶肉细胞密度增大,其中糙隐子草、星毛萎陵菜、羊草、冷蒿分别呈现极显著和显著的变化。叶肉细胞密度增加,可以在保证光合面积的情况下最大限度减少植物暴露面积,从而减少对辐射的直接接触和水分蒸腾,保存有限水分并加以利用^[1]。

有研究表明同种植物生长在阳坡与生长在阴坡相比,表皮细胞厚。星毛萎陵菜在群落中处于最低层片位置,群落退化后,高大植物种强烈矮化,使其完全暴露在外,可能上表皮对光照比较敏感,通过上表皮细胞变大来适应这种光强度的变化。

叶片厚度是反映植物抗旱的一个指标,抗旱性强的植物往往叶片较厚。禁牧后旱生植物木地肤叶片厚度显著降低;扁蓿豆、冷蒿、星毛萎陵菜、羊草叶片厚度随恢复演替的进行亦呈降低趋势,但不显著。由此可以看出扁蓿豆这种中旱生植物有旱化的趋势,旱生植物木地肤、冷蒿、羊草、星毛萎陵菜变得更加旱化。禁牧恢复后大针茅、黄囊苔草、糙隐子草叶片厚度均增加,其中针茅叶片厚度增加显著。大针茅植株高大,根系分布较深^[2],因此利用土壤资源空间较深,在资源利用中处于优势地位,禁牧恢复演替过程中,以其竞争优势成为恢复群落的建群种,充分利用群落中的过剩资源,使其形态得到充分的生长,所以叶片变厚,以增大光合面积,为根系向土壤深层扩展提供养料,即演替作用域扩展^[2],使其在竞争中取胜。糙隐子草是一种多年生丛生小禾草,为 C₄ 植物,属于放牧家所喜食的类型^[3]。禁牧排除了牧压,使其充分生长,土壤养分资源的释放,使其能够充分生长,但因其根系分布较浅,在资源利用中处于弱势地位,所以增加不显著。

禁牧对植物叶结构特征的其余几个指标的影响,不同植物有不同的反应。草原群落过牧退化后扁蓿豆栅栏组织厚度/海绵组织厚度显著增大,说明栅栏组织变得较发达;发达的栅栏组织可以减少叶片中水分的散失,也是植物对干旱环境的一种适应。

旱生结构的特征,表现出不同程度的恒定性,但是在某一植物中则在遗传上比较固定的,不过环境因素可使正常中生性结构的叶子转变为不同程度的旱生性结构,或者在旱生植物上加强了旱生结构的特性^[4]。群落过度放牧退化后,株丛矮小^[5],群落中的枯落层消失,群落中地表裸露度较大,地表蒸发较强;土壤近地表层因家畜践踏而紧实,降雨后水分下渗速率降低,且因涵养水源能力丧失而易于形成地表径流,从而使群落可

获得的水量大大幅度降低,改变了植物生长的小环境,植物表现出旱生或加强旱生结构的特性,如角质层变厚、叶肉细胞密度增大、叶片增厚、叶上表皮细胞变大,此结论与史刚荣 [6] 的淮北相山 5 个优势树种叶片在恢复演替早期阶段都表现出一定的旱生特征这个结论具有一致性。禁牧恢复演替后旱生结构特性减弱,但不同植物表现出不同的特点,这可能与他们在群落中所处的片层位置和植物本身的特点不同有关。退化草原的恢复演替是适应于一定牧压的,在较低能量水平上自我维持的生态系统向适应于自然生境的,在高能量水平上自我调控的生态系统过度的自组织过程 [6],这点在针茅叶片厚度变化中有所体现。针茅是典型草原的建群种,在退化草原群落的生存竞争中处于劣势,因此显示出植株矮小,叶片变薄、角质层厚度增加等特点,在恢复群落中则恢复了其原有的形态结构特征。

由于过度放牧,在所研究的植物中,不同植物的不同结构指标发生了不同程度的变化,其中星毛委陵菜发生变化的指标最多,可见其结构具有较大的可塑性,亦体现其对过牧具有较强的适应性。放牧可能抑制了其它植物种的生长,使具有无性繁殖能力的星毛委陵菜有较多的空间和养分资源而得以迅速生长和更新,同时高大植物的矮化使其得到充分的光照,并且通过其结构的变化适应过牧所导致的变化的小生境,使其在退化群落中占有重要的地位,星毛委陵菜常形成斑块状小群落,是退化草原冷蒿 + 糙隐子草群落的标志植物,如冷蒿 + 糙隐子草群落继续过牧则可能进一步演替为星毛委陵菜-冷蒿退化草原。

通过各指标的变化也可以看出,在所测的各指标中,只有角质层厚度和叶肉细胞密度两个指标受过牧的影响较大。总体来说,植物的解剖结构相对还是比较稳定的,因此,可将小型化植物看做“生态过牧型”。

黄囊苔草叶结构特征各指标在退化与恢复演替过程中,均无显著的变化。可能黄囊苔草对过牧环境有其独特的适应方式。

植物器官的形态结构是与其生理功能和生长环境密切相关的。在长期外界因素的影响下,叶在形态结构上的变异性和可塑性是最大的,即叶对生态条件的反映最为明显。过度放牧后的退化草原,由于放牧压力以及放牧导致的小环境的变化,致使植物叶结构发生一定程度的变化,但当放牧压力继续增大,超过植物结构变化的阈值,植物将不能存活,草原生态系统将崩溃。因此,必须制定合理的放牧政策。

4.2 结论

过度放牧后,草原群落表现干旱、贫瘠的生境。植物叶片表现旱生结构和旱生结构加强的特性。如群落植物角质层加厚,叶肉细胞密度增加,有些植物叶片变厚、上表皮细胞变大。但不同植物反应的程度不同。禁牧恢复演替后植物旱化特性减弱。

退化草原群落中的植物又不完全同于旱化生态型,如过牧退化后针茅叶片变薄,恢复后叶片变厚。针茅有深根性和高大的特性,禁牧后充足的水分和养分使其充分生长,可见环境与植物本身的特性影响着植物的表现形态。

星毛委陵菜对过牧具有较强的适应性,这在其叶结构的变化中亦有所体现。

References :

[1] Daubenmire R F, Colwell W E. Some edaphic changes due to overgrazing in Agropyron Poaprairie of south eastern Washington. Ecology, 1942,23 : 32 - 40.

[2] Jia S H ,Wang C Z. Study on grassland dark sandy chestnut compaction by grazing intensity and grazing season. Acta Agrestia Sinica, 1999,7 (1) : 217 - 222.

[3] Gao Y Z,Han X G,Wang S P. The effects of grazing on grassland soils. Acta Ecologica Sinica , 2004,24 (4) :790 - 797.

[4] Li X Z,Chen W Z. Influences of stocking rates on C,N,P contents in plant-soil system. Acta Agrestia Sinica,1998,6 (1) :90 - 98.

[5] Zang W H,Guan S Y . Effect of graxing capacity on water content, nutrient and biomass of steppe soil. Journal of Arid Land Resources and Environment ,2000,14 (4) :61 - 64.

[6] Wang W,Liu Z L, Hao D Y,et al. Research on the restoring succession of the degenerated grass land in Inner Mongolia I . Basic characteristic sand driving force for restoration of the degenerated grassland. Acta Phytocologica Sinica,1996,20 (1) :449 - 459.

[7] Wang W,Liu Z L ,Hao D Y,et al. Research on the restoring succession of the degenerated grassland in Inner Mongolia II . Analysis of the

restoring processes. Acta Phytoecologica Sinica,1996,20 (5) 460 – 471.

[8] Wang W, Liang C Z, Liu Z L, *et al.* Mechanism of degradation succession in *Leymus chinensis* + *Stipa grandis* steppe community. Acta Phytoecologica Sinica, 2000,24 (4) 468 – 472.

[9] Jiang S. The experimental spot selection and vegetatoin background of grassland ecosystem . Research on Grassland Ecosystem (No. 3). Beijing : Science Press,1988.

[10] Li Y H. Diverge and convergence of *Leymus chinense* steppe and *Stipa grandis* steppe under the grazing influence in XiLin River Valley Inner Mongolia. Acta Phytoecologica Sinica,1988,12 (5) 189 – 196.

[11] Wang X L ,Ma J. A study on leaf-structure and the diversity of xerophytes ecology adaptation. Acta Ecologica Sinica,1999,19 (6) 787 – 792.

[12] Wang W ,Liang C Z, Liu Z L, *et al.* Research on restoring succession of degenerated grassland in Inner Mongolia IV. Analysis of plant population dynamic during restoring succession. Journal of Arid Land Resources and Environment ,1999,13 (4) 44 – 54.

[13] Chen Z Z,Wang S P. The typical steppe ecosystems in china. Beijing Science Press,2000. 125 – 142

[14] Li Z L,Zhang X Y. Plant Anatomy. Beijing Highter Education Press,1993. 246 – 261.

[15] Wang W,Liang C Z,Liu Z L, *et al.* Analysis of the plant individual behaviour during the degradation and restoring succession in steppe community. Acta Phytoecologica Sinica,2000,24 (5) 268 – 274.

[16] Shi G R,Tang Y,Zhang Z. Leaf anatomy of dominant plant species in the successional communities of Xiangshan Moutnain,Huaibei,China. Acta Phytoecologica Sinica,2006,30 (4) 314 – 322.

参考文献：

[2] 贾树海,王春枝. 放牧强度和时期对内蒙古草原土壤压实效应的研究. 草地学报,1999,7 (5) 217 ~ 222.

[3] 高英志,韩兴国,汪诗平. 放牧对草原土壤的影响. 生态学报,2004,24 (4) 790 ~ 797.

[4] 李香真,陈位忠. 不同放牧率对草原植物与土壤 C、N、P 含量的影响. 草地学报,1998,6 (4) 90 ~ 98.

[5] 张伟华,关世英,李跃进. 不同牧压强度对草原土壤水分、养分及其地上生物量的影响. 干旱区资源与环境,2000,14 (4) 51 ~ 64.

[6] 王炜,刘钟龄,郝敦元,等. 内蒙古草原退化群落恢复演替的研究 I. 退化草原的基本特征与恢复演替动力. 植物生态学报,1996,20 (5) 449 ~ 459.

[7] 王炜,刘钟龄,郝敦元,等. 内蒙古草原退化群落恢复演替的研究 II. 恢复演替时间进程的分析. 植物生态学报,1996,20 (5) 460 ~ 471.

[8] 王炜,梁存柱,刘钟龄,等. 羊草 + 大针茅草原群落退化演替机理的研究. 植物生态学报,2000,24 (4) 468 ~ 472.

[9] 姜恕. 草原生态系统试验地的设置及其植被背景. 草原生态系统研究第 3 集. 北京 科学出版社,1988.

[10] 李永宏. 内蒙古锡林河流域羊草草原和克氏针茅草原在放牧影响下的分异和趋同. 植物生态学报,1988,12 (5) 189 ~ 196.

[11] 王勋陵,马骥. 从旱生植物叶的结构探讨其生态适应的多样性. 生态学报,1999,19 (6) 787 ~ 792.

[12] 王炜,梁存柱,刘钟龄,等. 内蒙古草原退化群落恢复演替的研究 IV. 恢复演替过程中植物种群动态的分析. 干旱区资源与环境,1999,13 (4) 44 ~ 54.

[13] 陈佐忠,汪诗平. 中国典型草原生态系统. 北京 科学出版社,2000. 125 ~ 142.

[14] 李正理,张新英. 植物解剖学. 高等教育出版社. 1983. 246 ~ 261.

[15] 王炜,梁存柱,刘钟龄,等. 草原群落退化与恢复演替中的植物个体行为分析. 植物生态学报,2000,24 (5) 268 ~ 274.

[16] 史刚荣,汤盈,张铮. 淮北相山恢复演替群落优势树种叶片的生态解剖. 植物生态学报,2006,30 (4) 314 ~ 322.

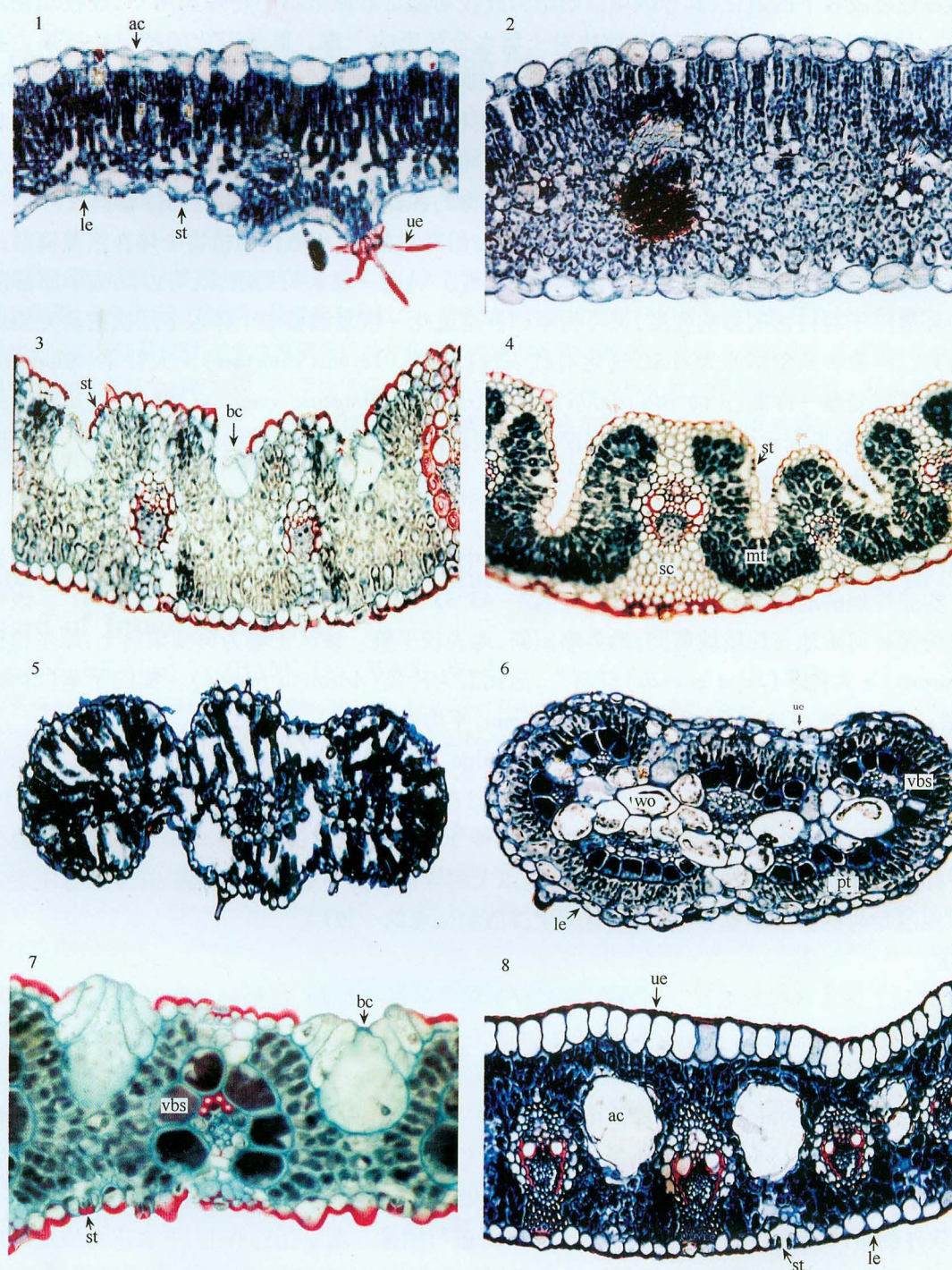


图1 植物叶片结构

Fig. 1 The leaves structures of plant species

1. 星毛委陵菜叶的横切图 $\times 200$ Transection of *Potentilla acaulis* leaf $\times 200$; 2. 扁蓿豆叶的横切图 $\times 200$ Transection of *Melilotoides ruthenica* leaf $\times 200$; 3. 羊草叶的横切图 $\times 200$ Transection of *Leymus chinensis* leaf $\times 200$; 4. 大针茅叶的横切图 $\times 200$ Transection of *Stipa grandis* leaf $\times 200$; 5. 冷蒿叶的横切图 $\times 100$ Transection of *Artemisia frigida* leaf $\times 100$; 6. 本地肤叶的横切图 $\times 200$ Transection of *Kochia prostrata* leaf $\times 200$; 7. 糙隐子草叶的横切图 $\times 400$ Transection of *Cleistogenes squarrosa* leaf $\times 400$; 8. 黄囊苔草叶的横切图 $\times 200$ Transection of *Carex korshinskyi* leaf $\times 200$; 上表皮 Upper epidermis; 下表皮 Lower epidermis; 气孔 Stomata; 表皮毛 Epidermis hair; 泡状细胞 Bulliform cells; 厚壁组织 Sclerenchyma; 叶肉组织 Mesophyll tissue; 维管束鞘 Vascular bundle sheath; 储水组织 Water organization; 栅栏组织 Palisade tissue; 气腔 Air cavaera