

高寒草甸“黑土型”退化草地的成因及生态过程*

刘伟 王启基 王溪 周立

(中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001)

李有福 李发吉

(青海省果洛州草原站, 310001)

摘要: 研究分析退化草地的植被组成、地上生物量、优良牧草比例、高原鼠兔密度以及土壤理化性质等特征, 探讨“黑土型”退化草地的成因及生态过程。结果表明, 中度退化草地生物量最高(50.3g/0.25 m²), 重度退化草地最低(34.0g/m²)。原生植被优良牧草比例最高(78.40%)。重度退化草地最低(4.49%), 轻度和中度退化草地居中(57.2%和16.42%)。中度退化草地高原鼠兔平均密度较高(148只/hm²), 其危害程度较严重(494m²/hm²), 二者之间呈显著的正相关($r=0.9888, df=3, P<0.01$)。土壤坚实度随草地退化程度加重而降低。“黑土型”退化草地的形成是一个长期的、连续的过程, 草地退化则是诱发这一过程的主要因子, 高原鼠兔挖掘洞道, 破坏草皮及植被, 又加剧了草地的进一步退化, 最终导致了“黑土型”退化草地的形成和不断扩大。

关键词: 黑土型; 退化草地; 生态过程

1 引言

“黑土型”退化草地是指青藏高原高寒草甸草场退化后形成的一种大面积次生裸地, 因裸地的土壤呈黑色, 故名“黑土型”退化草地, 俗称“黑土滩”、“黑土坡”。“黑土型”退化草地多分布于海拔3000米以上的草场, 且具有以下几个特征: 1. 植被盖度较低, 一般为20%~45%, 有的甚至寸草不生; 2. 植被组成中多为杂毒草; 3. 生产力低下, 仅为原生植被草场的10%左右; 4. 草地鼠害猖獗。

青藏高原是我国主要畜牧业基地之一, 草地资源丰富, 牧草品质优良, 是发展草地畜牧业的物质基础。但是, 长期以来, 由于人口的急剧增加, 加上对草地进行掠夺式经营, 过度放牧, 缺乏科学的管理和必要的投入, 使草地植被遭到严重破坏, “黑土滩”面积不断扩大。据不完全统计, 青藏高原约有0.5亿公顷退化草地, 占青藏高原草地面积的1/3, 对该地区生态环境和草地畜牧业造成极大威胁。为保护江河源区生态环境, 涵养水源, 深入研究青藏高原高寒草甸“黑土型”退化草地成因及生态过程在生产和理论上至关重要。

草地退化一直是草地生态学家关注的焦点, 众多的研究表明: 过重的放牧强度不仅使草地的生产力明显降低, 而且还会引起植被种类组成的改变, 甚至导致草地的退化。啮齿动物在草地退化过程中起着“催化剂”的作用, 啮齿动物的数量高低与草地的破坏程度有直接的关系, 数量愈高, 其危害程度就愈“重”; 害鼠不仅危害植被, 同时对所在栖息地的土壤结

* 青海省“九五”重点攻关项目(96-N-112)

构和养分等都有不同程度的影响(樊乃昌等,1988;Huntly等,1987;Rosiere,1987;Willms等,1985;萧运峰等,1979;刘书润等,1979;Batzli等,1970)。这些研究在不同方面探讨了啮齿动物、过度放牧对草地退化的作用,而对于草地退化的成因及生态过程没有详细的报道。本文拟通过分析青海省果洛州达日县退化草地不同演替阶段的土壤、植被、啮齿动物群落组成特征,探讨“黑土型”退化草地形成的生态过程,为有效控制“黑土型”退化草地的不断扩大和草地畜牧业的可持续发展提供科学依据。

2 材料和方法

2.1 自然概况

青海省果洛州达日县位于青海省南部,地处东经 $98^{\circ}15'29''\sim 100^{\circ}32'41''$,北纬 $32^{\circ}36'42''\sim 34^{\circ}15'20''$,海拔4000米以上,属高寒半湿润性气候,年均气温 $-0.1\text{C}\sim 0.35\text{C}$ 之间,全年无绝对无霜期。

主要植被类型为高山嵩草草甸,优势种植物为高山嵩草(*Kobresia pygmaea*)、垂穗披碱草(*Elymus nutans*)、异针茅(*Stipa aliena*)、异叶米口袋(*Gueldenstaedtia diversifolia*)、雪白委陵菜(*Potentilla saundersiana*)、线叶龙胆(*Gentiana farreri*)等,植被的成层结构比较简单,一般为单层结构。栖息于该生境的啮齿动物主要为高原鼠兔(*Ochotona curzoniae*)、高原麝鼠(*Myospalax baileyi*)和青海田鼠(*Microtus fuscus*)等。高原麝鼠和青海田鼠的数量较少且分布零散,并非本地区的主要害鼠,因此,本文仅分析高原鼠兔的数量及其对草地退化的作用。

2.2 试验设计

2.2.1 试验样地设在达日县窝塞乡较为平坦的滩地草场。根据植物优势种和优良牧草的比例确定草地的退化程度和等级,划分为原生植被、轻度退化、中度退化和重度退化四种类型。

2.2.2 1998年7月各类退化草场随机选取三块 $50\text{m}\times 50\text{m}$ 的样方,采用堵洞法测定高原鼠兔的密度及土壤坚实度。各类退化草地测定样方3个,测定植被种类组成、盖度及种的生物量(3次重复)。按 $0\sim 10\text{cm}$ 和 $10\sim 20\text{cm}$ 土层采集土样,风干后,用液相色谱法分析N、P、Ca、Mg等营养成分含量,测定pH值和土草比。

2.3 统计分析

2.3.1 植物群落种的多样性指数和均匀度指数采用Pielou(1966)的公式计算

$$H' = -\sum p_i \log_2 p_i$$

$$J' = H' / \log_2 S$$

式中, H' 表示种的多样性指数, p_i 表示每一种植物所占的比例, J' 代表均匀度指数, S 代表种的数量。

2.3.2 采用相似性指数对退化草地的植物群落进行比较,相似性指数 R_0 的计算公式为:

$$R_0 = \frac{\sum(x_i + y_i) \ln(x_i + y_i) - \sum x_i \ln x_i - \sum y_i \ln y_i}{(X + Y) \ln(X + Y) - X \ln X - Y \ln Y}$$

R_0 为相似性指数, x_i 、 y_i 分别表示该种植物在群落中所占的比例, X 、 Y 表示群落中各种植物所占比例之和。

3 结果与分析

3.1 退化草地植物群落组成及特征

处于不同退化阶段的草地,其植物群落组成及特征、生物量、优势种等存在明显的差异(表1)。

表1 退化草地植被组成

Table 1 Plant composition in different level degraded grassland

植物名称 Plant name	草地退化程度 Degraded level of grassland			
	原生植被 OV	轻度退化 LDG	中度退化 MDG	重度退化 HDG
高山嵩草 <i>Kobresia pygmaea</i>	+++++	++++	++	--
黑褐苔草 <i>Carex atro-fusca</i>	--	++	+	--
短嵩草 <i>K. humilis</i>	--	--	+	--
垂穗披碱草 <i>Elymus nutans</i>	+	++	+	+
山地早熟禾 <i>Poa orinosa</i>	+	+	+	+
异针茅 <i>Stipa aliena</i>	+	++	++	--
紫羊茅 <i>Festuca ovina</i>	+	++	+	+
双叉细柄茅 <i>Ptilagrostis dichotoma</i>	+	+	+	--
苔草 <i>Koeleria cristata</i>	--	+	--	--
矮火绒草 <i>Leontopodium nanum</i>	+	++	+	+
西藏点地梅 <i>Androsace mariae</i>	+	+	+	-
紫花地丁 <i>Viola philippica</i>	+	+	+	--
兰石草 <i>Lancea tibetica</i>	+	+	+	+
异叶米口袋 <i>Gueldenstaedtia diversifolia</i>	++	++	+	--
美丽风毛菊 <i>Saussurea superba</i>	--	+	+++	+
高山唐松草 <i>Thalictrum alpinum</i>	--	+	+	+
雪白委陵菜 <i>Potentilla saundersiana</i>	++	++	++	++
鹅绒委陵菜 <i>P. anserina</i>	--	--	+	--
条叶风毛菊 <i>S. graminea</i>	--	++	++	--
小花刺参 <i>Morina parviflora</i>	--	--	--	++
细叶亚菊 <i>Ajania tenuifolia</i>	--	+	+	++
雅毛茛 <i>Ranunculus pulchellus</i>	--	+	+	+
长叶毛茛 <i>R. amurensis</i>	--	--	+	--
獐牙菜 <i>Swertia tetraptera</i>	--	+	+	--
多枝黄芪 <i>Astragalus polycladus</i>	+	+	--	--
黄花棘豆 <i>Oxytropis ochrocephala</i>	--	+	+	--
线叶龙胆 <i>Gentiana furreri</i>	+	+++	+++	--
磷叶龙胆 <i>G. squarrosa</i>	--	+	+	--
婆婆纳 <i>Veronica didyma</i>	+	+	+	+
条叶东俄芹 <i>Tongoloa gracilis</i>	--	--	+	--
柔软紫菀 <i>Aster flaccidus</i>	--	--	+	--
高山紫菀 <i>A. alpinus</i>	--	--	+	+
蒙古蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i>	+	+	+	--
麻花苣 <i>G. straminea</i>	--	+	++	--
甘肃马先蒿 <i>Pedicularis alaschanica</i>	--	+	+	--
湿生扁蕾 <i>Gentianopsis paludosa</i>	--	--	+	--
山地虎耳草 <i>Saxifraga montana</i>	--	--	+++	--
乳白香青 <i>Anaphalis lactea</i>	--	--	+	--

续表 1

植物名称 Plant name	草地退化程度 Degraded level of grassland			
	原生植被 OV	轻度退化 LDG	中度退化 MDG	重度退化 HDG
黄帚橐吾 <i>Ligularia sagitta</i>	---	---	+++	---
大蓟 <i>Crisium japonicum</i>	---	---	+	---
星状风毛菊 <i>S. stella</i>	---	---	++	---
白色筋骨草 <i>Ajuga lupulina</i>	---	---	---	+
蒿蒿 <i>Carum carvi</i>	---	---	---	++
短穗兔耳草 <i>Lagotis brachystachys</i>	---	---	---	++++
直立梗高山唐松草 <i>Var. elatum</i>	---	---	---	+
西藏忍冬 <i>Lonicera tibetica</i>	---	---	---	+
毛茛苣 <i>Draba eriopoa</i>	---	---	---	+
西伯利亚蓼 <i>Polygonum sibiricum</i>	---	---	---	++
车前草 <i>Plantago asiatica</i>	---	+	---	+

* + 生物量<1g; ++ 生物量≥1~5g; +++ 生物量≥5~10g; ++++ 生物量≥10~20g; +++++ 生物量≥20g

+ Show the biomass is less than 1g, ++ Show the biomass is between 1 to 5g; +++ Show the biomass is between 5 to 10g; ++++ Show the biomass is between 10 to 20g; +++++ Show the biomass is no less than 20g.

OV: Original vegetation; LDG: Lightly degraded grassland

MDG: Moderately degraded grassland; HDG: Heavily degraded grassland

3.1.1 原生植被的优势种为高山嵩草、异叶米口袋和雪白委陵菜,而高山嵩草占的比例占绝对优势。

3.1.2 轻度退化草地的优势种为高山嵩草,次优势种有异针茅、雪白委陵菜、条叶风毛菊(*Saussurea graminea*)和线叶龙胆。

3.1.3 中度退化草地的优势种为美丽风毛菊(*S. superba*)、线叶龙胆、山地虎耳草(*Saxifraga montana*),次优势种有异针茅、条叶风毛菊、雪白委陵菜、黄帚橐吾(*Ligularia sagitta*)。

3.1.4 重度退化草地的优势种为短穗兔耳草(*Lagotis brachystachys*),次优势种有蒿蒿(*Carum carvi*)、雪白委陵菜、西伯利亚蓼(*Polygonum sibiricum*)及细叶亚菊(*Ajania tanuifolia*)。

3.1.5 在植被组成中,高山嵩比例的大小反映了草场质量的好坏。原生植被优良牧草比例较高,其次为轻度退化草地,中度退化草地则骤然降低,重度退化草地则更小(表2)。这说明中度退化草地牧草的质量较差,已不适合继续放牧,否则退化为重度退化草地,即“黑土型”退化草地。草地总盖度的变化与退化程度基本一致,退化程度越“重”,其盖度就越小。植物种数在中度退化草地最多,其次为轻度、重度,原生植被由于高山嵩草为优势种,形成了坚硬的草皮层,其他植物种子很难萌发生存,故种数最少。多样性指数和均匀度指数的变化种数成正相关。

3.1.6 相似性指数能比较准确地反映不同植物群落之间的差异程度。不同水平退化草地之间的相似性指数依次排序为:原生植被—轻度退化>轻度退化—中度退化>……>轻度退化—重度退化>中度退化—重度退化(表3)。由表3可以看出,原生植被—轻度退化和轻度

表2 退化草地植物群落特征

Table 2 Feature of plant community in different degraded grassland

退化程度 Degraded level	生物量(g/0.25m ²) Biomass (g/0.25m ²)	盖度 Coverage (%)	种数 No. of species	多样性指数 Diversity index	均匀度指数 Evenness index	优良牧草比例(%) Proportion of good grasses (%)
原生植被 OV	36.5	95	16	1.0660	0.2665	84.09
轻度退化 LDG	43.1	87	29	3.2080	0.6604	57.27
中度退化 MDG	50.3	87	38	3.9306	0.7490	16.42
重度退化 HDG	34.0	60	21	2.8927	0.6586	4.49

表3 退化草地相似性指数比较

Table 3 Comparison of similarity indices in different degraded grassland

退化程度 Degraded level	原生植被 OV	轻度退化 LDG	中度退化 MDG	重度退化 HDG
原生植被 OV	1.00			
轻度退化 LDG	0.7292	1.000		
中度退化 MDG	0.3002	0.5798	1.000	
重度退化 HDG	0.2815	0.1600	0.1493	1.000

表4 高原鼠兔的密度、总洞数及危害面积

Table 4 Density of pika, total No. of holes and destroy area(m²)

退化水平 Degraded level	平均密度(只/hm ²) Mean density(Indi./ha)	总洞数 Total no. of holes	危害面积(m ²) Destroy area
原生植被 OV	25	122	12.36
轻度退化 LDG	82	384	69.14
中度退化 MDG	148	576	494.00
重度退化 HDG	48	258	58.12

退化—中度退化相似性指数较大,其他的则远小于1,说明不同演替阶段植物组成有较大差别。

3.2 高原鼠兔种群数量及其危害

处于不同演替阶段的退化草地,由于其植物群落组成及结构特征等不同,因此高原鼠兔种群数量有所差异,其危害程度也不完全相同。其中,中度退化草地的平均密度最高,其次为轻度退化草地和重度退化草地,原生植被的平均密度最低(表4)。高原鼠兔的总洞数和危害面积与密度的变化基本相一致。相关分析结果表明:平均密度与总洞数($r_{\text{总洞数}} = 0.9888, df$

= 3, $P < 0.01$) 和危害面积之间呈显著的正相关($r_{\text{危害面积}} = 0.9370, df = 3, P < 0.02$); 总洞数与危害面积之间呈显著正相关($r = 0.8849, df = 3, P < 0.05$)。结果表明高原鼠兔的密度高, 对草地的危害就严重。

3.3 土壤坚实度及营养元素的变化

草地的退化将影响土壤的坚实度及其营养元素的变化(表5)。由表5可知, 土壤的坚实度随草地退化程度加剧而减小, 土壤中速效 N、P 的含量在轻度和中度退化草地相对较高, 原生植被和重度退化草地相对较低。其他微量元素如 Cu、Zn、B、Se 和 Mo 随着草地退化程度的加重而减少。草土比随着退化程度的加剧而越来越小, 表明退化程度严重, 则地下生物量将随之减少。

表5 土壤坚实度及营养成分(0~10~20cm)

Table 5 Soil hardness and nutrient composition under 0~10~20 centimeter

退化程度 Degraded level	坚实度 Hardness kg/cm ²	深度(厘米) Depth (cm)	pH值 pH value	草土比 Grass: soil	N (mg/kg)	P (mg/kg)	Ca (%)	Mg (%)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Fe (%)	Mn (mg/kg)	B (mg/kg)	Se (mg/kg)	Mo (mg/kg)
原生植被 OV	4.026	0~10	6.44	1: 8.94	136.1	8.02	0.283	0.652	13.65	71.56	0.38	573.8	23.2	0.077	0.82
轻度退化 LDG	2.900	0~10	6.29	1: 4.52	328.9	18.28	0.757	0.632	12.43	72.45	0.47	696.8	21.8	0.068	0.77
中度退化 MDG	2.301	0~10	6.36	1: 10.7	400.7	13.13	0.722	0.107	9.85	68.70	0.45	484.6	22.4	0.059	0.61
重度退化 HDG	0.380	0~10	6.88	1: 618	98.28	7.86	0.255	0.451	8.56	65.05	0.50	770.5	19.8	0.050	0.46
		0~20	6.72	1: 993	105.8	6.44	0.658	0.129	10.52	67.89	0.71	926.3	18.6	0.102	0.43

3.4 植物、动物、土壤三者之间的相互作用

3.4.1 草地生态系统中, 土壤是动、植物赖以生存的物质基础, 土壤结构的变化对动、植物将产生不同的影响, 同时食草动物还受到植物群落结构和种类组成变化的制约。反过来, 动物种群数量的变化对植物群落、土壤的影响也是巨大的。嵩草草甸以高山嵩草为主, 具有坚实而富有弹性的草皮层, 因而该草地类型的高原鼠兔数量较少, 植物群落保存较完好。重度退化草地高原鼠兔种群密度较小, 这是因为植物群落组成中可利用食物资源较少限制了高原鼠兔数量的增长。这也说明, 重度退化草地, 不仅对放牧动物利用价值较小, 而且对害鼠的生存将产生直接影响。此时的高原鼠兔将大量向周边地区迁移, 破坏边缘地区的土壤和植被, 当数量高时, 周边地区的植被直接遭受严重破坏, 使原生植被向退化演替方向发展(图1)。

3.4.2 “黑土型”退化草地的形成又是一个长期、连续的过程。首先, 高山嵩草草场经长期超载过牧, 土壤的通透性、坚实度等物理性质发生变化, 受其影响, 植被种类及其组成、优势种、盖度、优良牧草比例等植物群落特征随之发生变化(表2), 当草地处于轻度退化阶段时, 主要害鼠——高原鼠兔由于土壤坚实, 且土壤中根系发达, 不利于挖掘鼠洞, 害鼠数量较少, 危害较小(表4), 所起破坏作用也轻。继续超载过牧, 植物群落中由于多种杂类草的侵入, 高山嵩草比例下降, 土壤表面蒸发量增大, 由原来的湿润性转变为干旱性土壤, 土壤结构疏松, 有利于高原鼠兔的生存, 草地处于中度退化阶段。在这一时期, 由于环境有利, 高原鼠兔种群的数量猛增, 除啃食牧草外, 到处掘洞, 鼠坑纵横; 经统计, 高峰期洞口数每公顷高达1609个。草皮与鼠坑形成了镶嵌复合体, 在风力作用下, 尤其是在冬春季节, 鼠坑内的沙土飞扬, 甚至覆盖邻近区域的草皮, 抑制周围植物的生长发育, 演替为重度退化草地, 最终导致“黑土型”

退化草地的形成(图 1)。

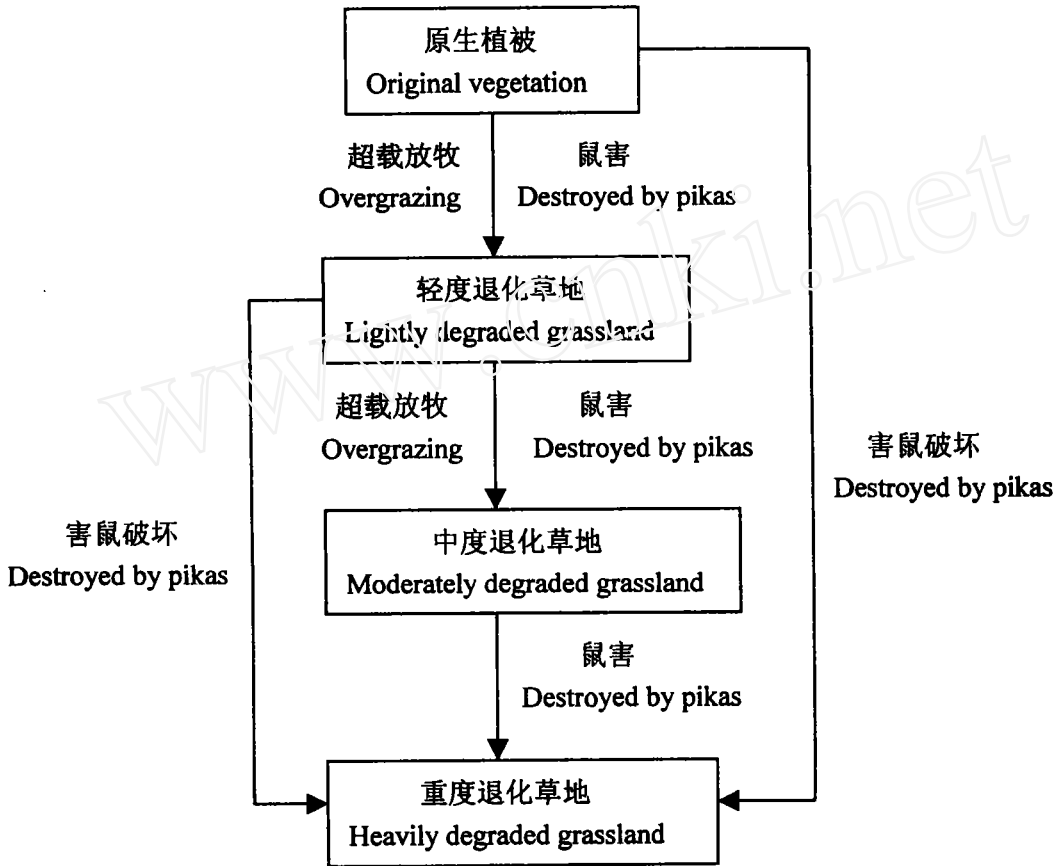


图 1 “黑土型”退化草地形成的生态过程

Fig. 1 Ecological process of forming “Black-soil-type” degraded grassland

4 讨论

4.1 “黑土型”退化草地的形成,是多种因素综合作用的结果。人类活动对草地的影响是巨大的。弃耕地直接成为“黑土滩”是人类活动影响的典型例子。放牧对草地退化起着决定性作用。达日地区可利用草地主要为高山嵩草草场和高山嵩草+杂类草草场,因长期放牧,特别是冬春的超载过牧是草地退化的主要原因。退化后,植物群落的结构和组成发生相应变化而适于高原鼠兔的栖息,种群数量的增加,对草地的破坏加大,加速了草场的进一步退化,并最终导致“黑土滩”的形成。

4.2 “黑土型”退化草地的恢复与治理需要一个长期的过程,其恢复程度与退化程度有密切的关系。当草地处于轻度退化阶段时,减轻放牧压力可以防止其继续退化,有利于草场向原生植被方向演替;处于中度退化阶段,要采取补播、施肥等措施,提高土壤肥力,同时消灭害鼠也是必不可少的。重度退化草地的恢复比较困难,花费的人力、财力巨大。首先实行松耙、补播披碱草、老芒麦等多年生牧草,封育二三年待植物完全定植后,再补播嵩草、异针茅等野生密丛型植物,加速草皮的形成。总之,草地的退化愈严重,恢复时间愈长,付出代价愈昂贵,

退化严重甚至不可能恢复到原来的植被。因此,畜牧业经济的持续发展重点应放在防止草地的严重退化,而不是退化后再治理。

参 考 文 献

- 1 刘书润,1979. 内蒙古锡林郭勒地区布氏田鼠与草原植被相互关系的初步研究. 中国草原,(2):27~31
- 2 萧运峰、梁杰荣、杜庆、沙渠,1979. 高原鼠兔对不同草场植被类型的危害特点及植被恢复的途径. 中国草原,(2):32~39
- 3 樊乃昌、王权业、周文扬、景增春,1988. 高原鼯鼠种群数量与植被破坏程度的关系. 高寒草甸生态系统国际学术讨论会论文集,109~116
- 4 Batzli G O, Pitelka F A, 1970. Condition and diet of cycling populations of the California vole, *Microtus californicus*. J. Mammal. 52:141~163
- 5 Huntly N J, 1987. Influence of refuging consumers (Pikas; *Ochotona princeps*) on subalpine meadow vegetation. Ecology, 68(2):274~283
- 6 Pielou E C, 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. J. Theor. Biol., 13:131~144
- 7 Rosiere R E, 1987. An evaluation of grazing intensity influence on California annual range. J. Range Manage., 40(2):160~165
- 8 Willms W D, Snoliak S, Dormaar J F, 1985. Effects of stocking rate on a rough *Fescue* grassland vegetation. J. Range Manage., 38(3):220~225

Ecological Process of Forming “Black-Soil-Type” Degraded Grassland

Liu Wei Wang Qiji Wang Xi Zhou Li

(Northwest Plateau Institute of Biology, The Chinese Academy of Sciences, Xining 810001)

Li Youfu Li Faji

(Grassland Station of Guoluo County, 810001)

Abstract: This paper analyse plant composition, aboveground biomass, the proportion of good grasses and nutrient element in soil at different degraded grassland in Dari county, Guoluo, Qinghai. The results show: The aboveground biomass at moderately degraded grassland (MDG) is the highest (50.3g/0.25m²), it is the lowest at heavily degraded grassland (HDG), The proportion of good grasses is the highest at non-degraded grassland (original vegetation) (78.40%), the lowest one at HDG, lightly degraded grassland (LDG) and MDG is between the both above-mentioned. The mean density of pikas is the highest at MDG (148 Indivi./ha), the destroy caused by pikas is very heavy (494m²/ha), they show the positive correlation ($r=0.9888, df=3, 0.01 > P > 0.001$, solid degree of soil decrease with increasing of the grassland degraded level.

Key words: Black soil type; Degraded grassland; Ecological process