

希拉穆仁草原退化评价及地表风蚀颗粒表征

黄昕¹, 蒙仲举¹, 汪季¹, 丁延龙¹, 马浩翔², 王琴¹, 党晓宏¹, 吴昊¹

(1. 内蒙古农业大学 生态环境学院, 呼和浩特 010018; 2. 内蒙古鄂尔多斯市达拉特旗水保工作站, 内蒙古 鄂尔多斯 014300)

摘 要: 经过对希拉穆仁草原围封、自由放牧草地及旅游区进行实地调查, 结合内蒙古自治区第 5 次荒漠化和沙化监测实施细则, 根据植被盖度和生物量等指标对草原进行了退化诊断与评价, 并在此基础上研究了不同退化程度的地表粗粒组成。结果表明: 希拉穆仁草原围封草地以轻度退化为主, 自由放牧区以中度退化为主, 但在坡顶出现重度退化, 旅游区退化程度最为严重, 均为重度退化区; 可以以土壤颗粒 $>0.84\text{ mm}$ 的百分比含量作为草原退化的判别标准, 当其含量在 $82.22\%\sim 89.04\%$ 范围内为重度退化, 含量在 $74.01\%\sim 79.53\%$ 为中度退化, 含量在 $56.05\%\sim 66.11\%$ 为轻度退化。该指标能够直观、实时地反映草原的退化状况, 且具有简便、快速诊断的生产应用性。

关键词: 荒漠草原; 退化程度; 土壤粒度组成; 判别标准

中图分类号: S157.1; S812.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2016)05-0141-06

Degradation Evaluation and Characterization of Surface Wind Erosion Particles in Xilamuren Grassland

HUANG Xin¹, MENG Zhongju¹, WANG Ji¹, DING Yanlong¹,
MA Haoxiang², WANG Qin¹, DANG Xiaohong¹, WU Hao¹

(1. College of Ecological Environment, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China; 2. Soil and Water Conservation Work Situation of Dalate, Erdos, Inner Mongolia 014300, China)

Abstract: Fenced grassland, open grazing grassland and tourism areas in Xilamuren Grassland were surveyed combining with the Fifth Desertification and Desertification Monitoring Implementation Details of Inner Mongolia Autonomous Region, grassland degradation was diagnosed and evaluated according to indicators such as vegetation cover and biomass. Based on this, characterization of surface coarse particles of different degrees of degradation was studied. The results showed that the fenced grassland was mainly mild degraded; open grazing grasslands were mainly moderately degraded, but the top of the hill was severely degraded. Degradation degree at tourism areas was the most serious degraded. Volume percentage of non-erodible particles ($>0.84\text{ mm}$) could be used as an appropriate discrimination standard to evaluate the grassland degradation degree, it is severe degradation when its content is $82.22\%\sim 89.04\%$, moderately degraded with its content of $74.01\%\sim 79.53\%$, mild degraded with its content of $56.05\%\sim 66.11\%$. The index may intuitively and real-time reflect the degradation situations of grassland, and it is also a simple, rapid diagnostic application to the practice.

Keywords: desert grassland; degradation degree; soil granulometric composition; discrimination standard

受全球气候变化影响,加之开垦、超载过牧等人为活动,草地退化现象严重^[1]。近几年伴随草原旅游业的兴起,导致草原景观呈现破碎化^[2]。国内外已有研究表明,在草原退化的诸多评价指标中,土壤粒度特征具有很好的指示作用,草地退化往往伴随着土壤粗粒化过程^[3],土壤粗化是我国北方草原沙化、

退化的主要表现形式之一^[4]。尤其位于农牧交错地带的风力侵蚀地区,土壤颗粒组成对地表抗风蚀能力起很大决定作用,是影响土壤侵蚀发生及发展的关键因素。史培军^[5]研究表明,决定土壤抗蚀性的重要因素是土壤颗粒组成,粒径在 $0.08\sim 0.25\text{ mm}$ 范围的土壤颗粒最易风蚀;朱震达等^[6]认为土壤风蚀强度会

收稿日期: 2015-07-29

修回日期: 2015-09-28

资助项目: 教育部新教师基金“退化草原风蚀地表粗粒化过程及数字影像判读”(20131515120017); 内蒙古教育厅重点项目“基于数字图像处理技术的荒漠草原地表风蚀研究”(2013MS0613); 中科院西部之光“内蒙古中西部荒漠草原地表粗粒化过程研究”

第一作者: 黄昕(1990—),女,安徽利辛县人,硕士研究生,研究方向为荒漠化防治。E-mail: 2438509835@qq.com

通信作者: 汪季(1957—),男,山东济南人,博士,教授,博士生导师,主要从事荒漠化防治研究。E-mail: wangji1957@163.com

被土壤性质的差异影响,反过来风蚀作用也会改变土壤粒度的组成。闫玉春等^[7]研究表明过度放牧草地土壤表现出明显的风蚀特征,表层土壤粗粒化明显,表层土壤平均粒径比围封草地增加约 1 倍。高君亮等^[8]研究表明从草地到沙丘的演化是一个地表主要以极细沙+粉沙质量分数减少的风蚀荒漠化过程,土壤颗粒及分形维数可表征土地风蚀荒漠化的程度。本文利用数字图像处理方法获取风蚀地表颗粒^[9-12],以“内蒙古自治区第 5 次荒漠化和沙化监测实施细则”进行不同类型草地退化分级^[13],旨在实现基于土壤粒度特征的草原荒漠化评价,丰富和完善荒漠化监测技术体系,为当地生态环境保护提供一定的理论支撑。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验地位于希拉穆仁草原水利部牧区水利科学研究所水土保持生态监测中心,地理坐标为 41°18′—41°23′N, 111°07′—111°14′E,地处温带半干旱区,属典型大陆性季风气候,年均降水量 284 mm,蒸发量为 2 305 mm,年际、月际变幅悬殊,降雨主要集中在 7 月、8 月、9 月份;年均气温 2.5℃;风大且多,年均风速 4.9 m/s,年大风日数为 63 d,冬春以北风和西北风为主;土壤侵蚀主要以风力侵蚀为主;土壤类型主要有栗钙土和草甸土,质地粗糙,土层平均厚度 30—50 cm。植被建群植物种为克氏针茅(*Stipa krylovii* Roshev.)、冷蒿(*Artemisia frigida* Willd.)、糙隐子草[*Cleistogenes squarrosa* (Trin.) Keng]、冰草[*Agropyron cristatum* (L.) Gaertn.]、羊草[*Leymus chinensis* (Trin.) Tzvel.]、芨芨草[*Achnatherum splendens* (Trin.) Nevski]等^[14]。

1.2 研究方法

1.2.1 样地布设 研究区呈低缓浑圆丘陵状,平均坡度 3.8°,根据实际情况,以坡顶为中心,分别向东(E)、西(W)、南(S)、北(N)、东北(NE)、西北(NW)、西南(SW)以及东南(SE)8 个方向呈辐射状布设样线,坡顶以西、西南方向为封育区,坡长 150 m,该区 2002 年开始禁牧,以自然恢复为主。坡顶正南、东南方向为旅游开发区,坡长 120 m,开发 10 a 以上,旅游活动主要集中在 7 月、8 月两个月份,年接待游客 750 人次/a;其他为自由放牧区。由于坡面不对称,因此各个方向样线长度不同,共设样点 27 个。

1.2.2 测定指标和方法

(1) 植被指标。分别于 2013 年、2014 年 8 月下旬采用 1 m×1 m 样方测定植被生长指标,植被总盖度采用估算法,植物种、植物株数采用计数法,用 5 m 卷尺测定平均高度和最高高度;地上生物量刈割法收

集,同时收集立枯生物量,带回实验室 65℃ 烘干至恒重获取生物量。

(2) 地表颗粒采集。采用数字图像采集^[9-11]在拍摄区域上平放标尺框,使用镊子小心清除框内地表上的杂物,使地表完全露出,此过程应保证地表不被扰动。考虑到太阳高度角的影响,用自制黑色遮光布遮挡使拍摄样方全部位于阴影中,保证整个样方内光照均匀;将定制好的矩形标尺框置于样点,框尺控制范围 30 cm×20 cm,采用 Canon Eos 5 D-MarkII 数码相机架设三脚架进行拍摄,相机镜头垂直地表 74 cm,此时镜头视野刚好与框尺重合,每样地连续重复拍摄 5 张并编号备用。后期利用 Erdas Imagine 9.0 软件,对图像进行分类、矢量化,获取颗粒对应的面积信息数据。

1.3 数据处理

所测得的土壤质地和植被等指标结合“内蒙古自治区第 5 次荒漠化和沙化监测实施细则”^[13]进行各个样方的退化分级,运用 SAS 9.0 聚类分析各样方退化程度。

对于地表颗粒采集后的图像,在室内利用 Erdas Imagine 9.0 软件经过图像格式转换、分类、矢量化等过程获取每个颗粒的面积信息数据,用等效直径来代表土壤颗粒粒径。

等效直径可通过公式(1)进行计算得出^[9]:

$$D=2(S/\pi)^{1/2} \quad (1)$$

式中: D 为图像中单个土壤颗粒的等效直径; S 为图像中单个土壤颗粒的面积。

数字采集技术对提取较大颗粒精度较高,同时结合单颗粒大于 0.84 mm 为不可蚀因子^[15]。本文依此标准进行粒度划分。结合公式(2)和表 1 计算出不同粒径的土壤颗粒百分比含量。

不同粒径的土壤颗粒其百分含量计算采用以下公式:

$$D(x)=\sum d(x) \text{ 占像元总数} / \text{图像像元总数} \times 100\% \quad (2)$$

式中: $D(x)$ 为某种粒径土壤颗粒在图像中的像元总数。

2 结果与分析

2.1 植被空间分布特征

研究区为半干旱荒漠草原,主要植被类型是草本植物,以菊科、禾本科植物为主。由表 2 可以看出,封育区植被各项指标均高于其他两个样地,尤以植被盖度和地上生物量最为明显,封育区植被盖度为 63.26%,自由放牧区为 45.89%,旅游区盖度仅为 16.29%,经多重均值检验,植被盖度在 $\alpha=0.05$ 显著性水平下,围封、放牧及旅游区差异显著, $\alpha=0.01$ 围封和旅游区差异极

显著;生物量在 $\alpha=0.05$ 显著性水平下差异显著,但在 $\alpha=0.01$ 时,围封与放牧、旅游区差异极显著,但放牧与旅游区无显著差异,同时,在植被的平均高度和种数上,围封区与自由放牧区、旅游区均表现出差异,这表明封育有效促进了植被恢复,而旅游人为活动对植被践踏、破坏作用凸显,在实地调查中也发现旅游区有裸露斑块地分布;值得一提的是,自由放牧区、旅游区分别出现了指示退化的植物种冷蒿和狼

毒,可见该区出现不同程度退化。

表 1 土壤颗粒转换比例

颗粒 直径/mm	颗粒面积/ 10^{-2}mm^2	单个像元尺寸/ $(10^{-2}\text{mm}^2\cdot\text{pixel}^{-1})$	像元数
<0.42	<13.85		≤ 40
$0.42\sim 0.84$	$13.85\sim 55.39$	0.35	$40\sim 160$
>0.84	>55.39		≥ 160

表 2 试验区植被基本情况

类型	盖度	地上生物量	平均高度	种数	主要植被类型
围封区	63.26aA	81.48aA	10.89aA	11a	羊草、克氏针茅、冰草
自由放牧区	45.89bAB	49.32bB	7.55bA	8aA	冷蒿、克氏针茅、碱韭(<i>Allium polyrhizum</i> Turcz.)
旅游区	16.29cBC	32.22cB	5.22cA	5bA	狼毒(<i>Euphorbia fischeriana</i> Steud.)、亚洲百里香(<i>Thymus serpyllum</i> L.)、北点地梅(<i>Androsacce septentrionalis</i> L.)

注:同列相同字母表示差异不显著,不同字母表示差异显著;小写字母显著水平($p<0.05$),大写字母显著水平($p<0.01$)。

为了进一步分析植被的空间分布特征,对研究区 并采用 K-S 法进行非参数检验,由表 4 可知,各个区 植被盖度及生物量值的偏度、峰度进行测定(表 3), 域植被盖度、生物量均符合正态分布(5%水平)。

表 3 植被盖度、生物量的描述性统计

指标	类型	最大值	最小值	均值	标准差 SD/%	变异系数 CV/%	偏度	峰度	K-S 值
盖度	围封区	78.03	23.01	63.26	13.38	21.15	-1.69	2.89	0.28
	放牧区	77.11	12.20	45.89	19.42	42.31	-0.05	-0.99	0.61
	旅游区	23.01	10.13	16.29	3.91	24.00	0.39	-0.88	0.31
生物量	围封区	149.25	43.33	81.48	24.30	29.82	1.10	-1.31	0.05
	放牧区	75.34	11.27	49.32	19.56	39.65	-0.47	-0.81	0.94
	旅游区	56.14	15.00	32.22	13.74	42.64	0.36	-1.41	0.26

表 4 植被盖度的半方差函数理论模型参数

类型	最优模型	块金值	基台值	块金值/基台值/%	变程	决定系数	残差
围封区	高斯模型	0.0001	0.0007	14.29	50.84	0.99	0.0365
自由放牧区	高斯模型	0.0004	0.0019	21.05	59.78	0.81	0.0047
旅游区	高斯模型	0.0009	0.0037	24.32	92.14	0.97	0.0001

本文利用 GS+9.0 软件对不同区域植被盖度和生物量的空间变异性进行分析,用球状、指数和高斯模型进行模型拟合,得到模型相关参数值,结果见表 5。可以看出,植被盖度的理论模型均是高斯模型,而生物量模型分别是高斯模型、球状模型和指数模型,表中块金值与基台值的比表示随机部分的空间异质性占系统总变异的比例,反映空间自相关的程度。围封、自由放牧及旅游区植被盖度的块金值与基台值的

比均小于 25%,表现强空间相关性,说明植被盖度空间变异是由自然因素影响而产生,生物量也表现一样的趋势,具有强空间相关性;从变程 A 来看,表中所有变程的变化范围为 50.84~211.31 m,均超过实际样点间隔 50 m,说明取样合理,能反映空间自相关关系;模型 R^2 接近 1,RSS 值越小,就说明模型可以更准确地反映围封、放牧及旅游区的植被盖度、生物量的空间分布状况^[16-17]。

表 5 植被生物量的半方差函数理论模型参数

类型	最优模型	块金值	基台值	块金值/基台值/%	变程 A/m	决定系数 R^2	残差 RSS
围封区	高斯模型	0.0041	0.0346	11.85	211.31	0.98	0.0001
自由放牧区	球状模型	0.0014	0.0320	4.38	107.81	0.89	0.0002
旅游区	指数模型	0.0011	0.0321	3.43	107.81	0.97	0.0001

为了更直观地反映研究区植被盖度、生物量分布的空间分布特征,结合变异函数模型及趋势效应参数,利用 Furfer 9.0 软件进行空间插值分析,Kriging 插值会使高值降低,低值增高,从而达到将曲线平滑

化的效果^[16]。

插值后分别绘制空间分布格局图(图 1—2),图中颜色越浅,表示对应位置相应盖度、生物量值越高,反之,若颜色越深,表示其值越低。

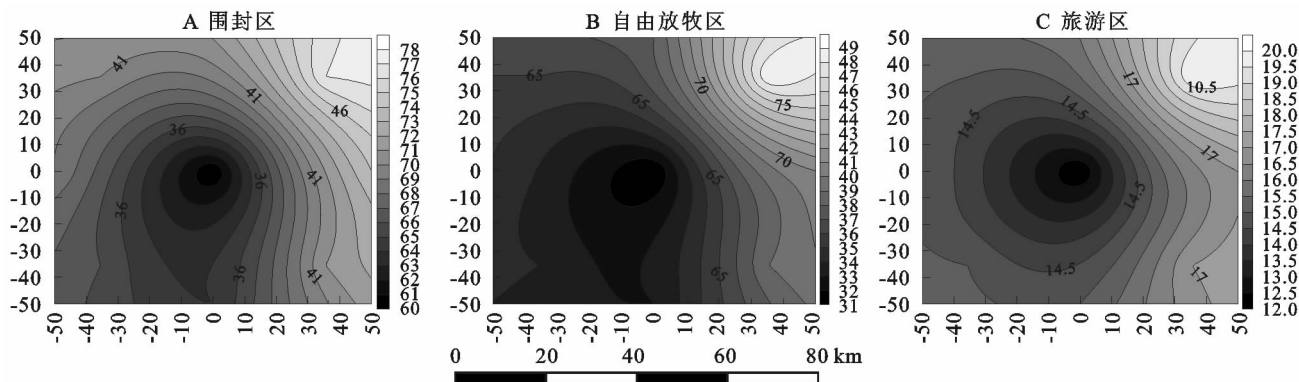


图 1 植被盖度在围封区、自由放牧区、旅游区空间分布

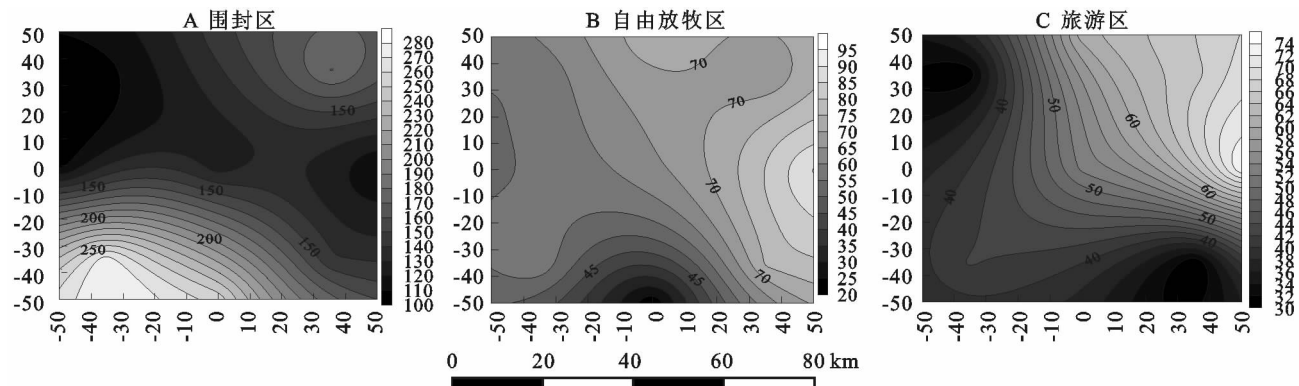


图 2 植被生物量在围封区、自由放牧区、旅游区空间分布

由图 1 可以看出,围封区、自由放牧区和旅游区植被盖度呈现明显的空间变异性,自由放牧区和围封区植被盖度空间分布具有一定的相似性,但围封区植被平均盖度为 77.14%,大于自由放牧区的 45.89%,旅游区平均盖度为 16.29%,说明减少人类过度的活动、牲畜过度的啃食、踩踏,植被的生长得到明显的恢复;在 3 种不同草地利用方式下,均表现为坡顶位置盖度最低,东北方向盖度最大;其次 3 种不同草地利用方式下植物盖度的空间分布又各有不同,自由放牧区可以明显看出植被盖度由东北向西南、南逐渐减小,围封区也表现出这一渐变过,但不如放牧区显著,原因是草地在围封之后,植被生长的情况得到明显恢复,尤其在西、南这些水分相对缺少的区域,其物种长势明显区别于放牧区,围封区植被平均高度为 7 cm,而自由放牧区 < 3 cm;所以植被盖度在西、南方自由放牧区 $<$ 围封区;但在旅游区这种现象并不明显,东、南、西和北方向盖度差别不大,平均盖度为 11.21%,表明其盖度降低不随方向的改变而变化,原因是由于人类活动旅游对草原造成过度的踩踏、植被破坏,且这种破坏具有随意性,所以在此区域植被盖度各个方向均不高,差异不大。

由图 2 可以看出,植被生物量随着不同强度的人为干扰变化很大,在围封、自由放牧和旅游区空间分布上呈现各自不同的变化规律,首先植被类型差异很大,建群种及组成植物种均不相同,围封区主要是以羊草+克

氏针茅为主要植被,自由放牧区则是以冷蒿+克氏针茅为建群种,而在旅游区,以上植被均很少见到,取而代之的是一些退化指示植物,如狼毒、亚洲百里香等。从空间分布上看,围封区内在西南、南方向生物量最大,但在西、西北及东方向出现最低值,这是由于自然条件下主害风方向为西、西北,长期的风蚀带走了土壤的水分及养分,从而抑制植被的生长;同样,调查发现在南、西南方向出现具有指示退化的狼毒、狭叶锦鸡儿等,但是这些植物单株的生物量较大;在自由放牧区生物量空间差异普遍不大,只是西南、南方向生物量出现最低值;在旅游区内,西北和南方向出现最低值,原因是在人为破坏加上自然因素共同导致植物的繁茂深受制约。

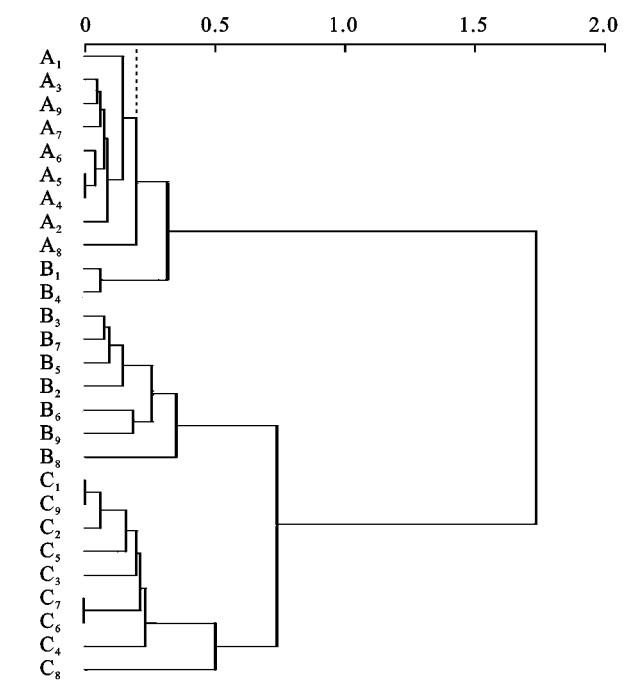
综合上述内容,植被盖度的空间分布均表现出一定的条带状与斑块状分布格局。在不同草原管理方式下坡顶均形成盖度较小的小块斑状,从坡顶向下,植被盖度逐渐增加,生物量随着不同的管理方式则不同。此外,从等值线分布的密集或稀疏可以辨别植被盖度、生物量的变化速率,如图 2A 的中间部分即坡顶部位闭合等值线分布较稀疏,西南坡面的下方,等值线变得较为密集,说明坡顶、西北及东面生物量随位置移动变化较缓,而南坡面下方颗粒组成变化较为缓慢。

2.2 荒漠草原退化程度诊断及评价

在草原荒漠化研究过程中,由于研究的地区不

同、引起荒漠化环境的原因不同以及所考虑的因素不同,因此所选取的评价指标亦不一样,必须因地制宜地选取评价指标^[18]。本文参考“内蒙古自治区第 5 次荒漠化和沙化监测实施细则”^[13]中草原退化标准进行评价。

在地面调查评价因子、土地利用类型等基础上,对多个评价指标进行定量值或定性值分析,据此确定各指标的评分值;用各指标的评分值之和确定荒漠化程度(轻度、中度、重度、极重度)和非荒漠化土地。基于各个样方植被的地面调查与评分体系,结合 SAS 9.0 软件进行分析,采用最短距离法对 27 个样方的各项指标进行聚类分析(图 3),评价结果如下:



注: A 为旅游区, B 为自由放牧区, C 表示完全禁牧, 数字为各个样方编号。

图 3 希拉穆仁草原生物特征 27 个样方聚类图

一类:包括 $A_1, A_3, A_9, A_7, A_6, A_5, A_4, A_2, A_8, B_1, B_4$, 这 11 个样方单独聚为一类,即旅游地坡顶及其周围 8 个方向和自由放牧坡顶及南向,其植被盖度、地上生物量等指标为最低,结合土壤质地、砾石含量、覆沙厚度和地表形态得分将这几个样方定为重度退化。

二类:包括 $B_3, B_7, B_5, B_2, B_6, B_9, B_8$ 聚为一类,即自由放牧的东、东南等 7 个方向,这 7 个样方各个生物指标均较低,土壤质地、砾石含量、覆沙厚度和地表形态得分相对较小,既将这几项定为中度退化。

三类:包括 $C_1, C_9, C_2, C_5, C_3, C_7, C_6, C_4, C_8$,即围封区域包括坡顶在内的各个方向,各个指标均为最高且显著区别于其他样方,可以将此 9 项定位轻度退化。

2.3 不同退化程度下土壤颗粒含量

根据以上归类判别,对应各个不同退化程度样方

的图像资料,带回实验室对各个样方土壤颗粒含量进行分析,结果见图 4。草原退化的演变即地表土壤的粗粒化和单粒化过程^[19];伴随土壤的粗粒化过程,加剧了土体的分散以及结构的破坏,从而使得土壤的容重增加、持水性能下降、孔隙度降低等一系列土壤物理性状的恶化。重度退化表现在区域范围内坡顶粗粒化最为严重,自由放牧坡顶和旅游地坡顶 $>0.84\text{ mm}$ 的含量为 84.84% 和 87.01%,自由放牧南向 $>0.84\text{ mm}$ 的含量为 80.01%,旅游地各个方向 $>0.84\text{ mm}$ 的含量平均值为 81.25%,各个土壤粒级 $>0.84\text{ mm}$ 的含量均超过 80%,而粒径在 $0.84\sim 0.42\text{ mm}$ 和 $<0.42\text{ mm}$ 的含量都不超 20%,粒级含量分化明显。

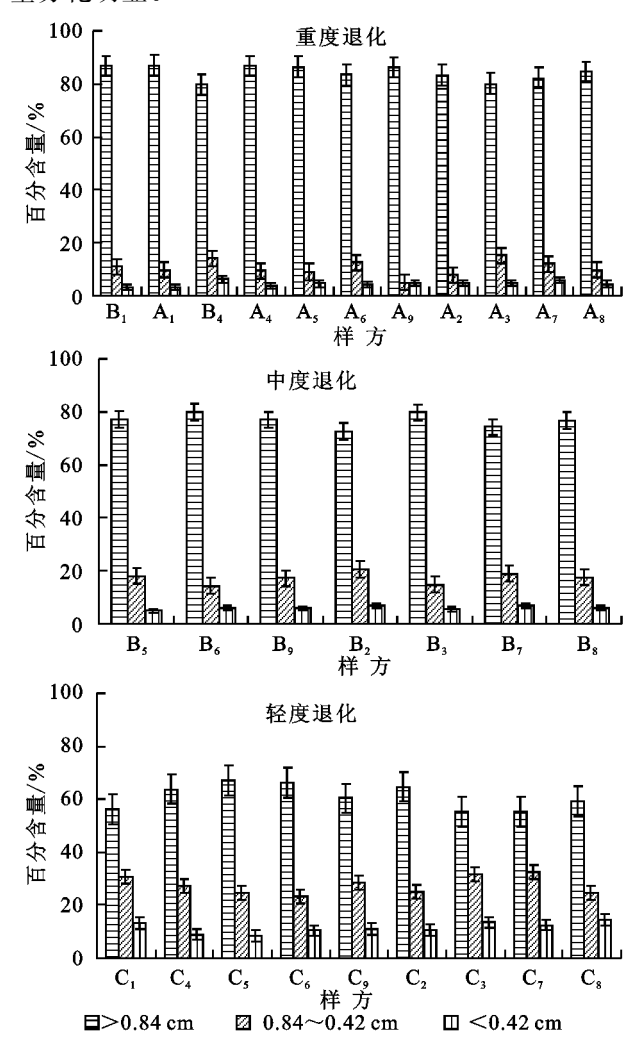


图 4 不同退化程度样方粒级含量

中度退化程度的各样方土壤粒级 $>0.84\text{ mm}$ 平均含量为 76.96%,各样方值均小于 80%, $0.84\sim 0.42\text{ mm}$ 平均含量为 17.16%,较重度退化增加接近 20%,最大值达到 20.55%,而 $<0.42\text{ mm}$ 的平均含量在 5.81%,最大值出现在东南方向,含量为 6.77%。

轻度退化土壤粒级 $>0.84\text{ mm}$ 平均含量为 62.5%,较中度退化含量降低了 23.14%,最小值为 55.13%和

55.16%，在北、东南出现最低；最高值出现在西方，为 67.25%。粒径在 0.84~0.42 mm 和<0.42 mm 的含量均有了大幅度提高，百分比均占总体的 30%，10%左右。总体来说，地表粗粒化程度明显下降，半可蚀、可蚀性颗粒含量大幅增加，而不可蚀颗粒含量减小。

在 95%的可靠性下，对不同退化程度的土壤颗粒进行描述性统计，轻度退化土壤颗粒<0.42 mm 含量为 3.98%，0.84~0.42 mm 为 10.39%，>0.84 mm 为 85.63%；中度退化土壤颗粒<0.42 mm 含量为 6.20%，0.84~0.42 mm 为 17.03%，>0.84 mm 为 76.77%；重度退化土壤颗粒<0.42 mm 含量为 11.05%，0.84~0.42 mm 为 21.87%，>0.84 mm 为 61.08%。随着退化程度的减弱，不可蚀颗粒(>0.84 mm)的含量逐渐降低，而半可蚀颗粒(0.84~0.42 mm)及高度可蚀颗粒(<0.42 mm)均逐渐增加。

中度退化区较重度退化区不可蚀颗粒平均含量减少了 8.86%，而半可蚀颗粒和可蚀颗粒增加了 6.64%和 2.22%；在轻度退化区，不可蚀颗粒较重度退化区减少了 28.67%，半可蚀及可蚀增加 1.68 倍和 1.77 倍。

从各径级颗粒含量的变动系数来看，>0.84 mm 的

不可蚀颗粒含量变动系数都较小，分别为 4.47%，4.06%和 9.25%，均小于 10%，属于弱等变动；而<0.42 mm 的可蚀颗粒变动系数不论退化程度如何，值均为 10%~30%，在 3 个粒级内最大，所以颗粒>0.84 mm 的不可蚀颗粒在单位均值上的离散程度低。绝对误差反映测量值偏离真值的大小，在不同测量结果时估算其可靠程度。由表 6 可知，相同退化程度下不同径级估算的相对误差有很大差异，如重度退化下>0.84，0.84~0.42，<0.42 mm 的相对误差限为 4.00%，25.48%，26.73%，即不可蚀颗粒<半可蚀颗粒<可蚀颗粒，即不可蚀颗粒(>0.84 mm)的百分含量更接近真值，且估计精度为 96.00%。在轻度退化、中度退化也存在相似规律，>0.84 mm 的不可蚀颗粒估计精度为 96.04%和 91.77%，明显的高于半可蚀及可蚀颗粒的精度，即>0.84 mm 的不可蚀颗粒粒级较其他粒径更能代表其所属退化程度。通过统计计算，重度退化>0.84 mm 的不可蚀颗粒的百分比含量为 82.22%~89.04%，中度退化不可蚀颗粒为 82.22%~89.04%，而轻度退化不可蚀颗粒含量为 56.05%~66.11%。

表 6 不同土壤粒径含量的描述性特征统计

退化类型	粒径/mm	均值/%	总体方差	标准差/%	抽样误差/%	总体变动系数/%	绝对误差限	相对误差限/%	估计精度/%
重度	>0.84	85.63	14.74	3.83	1.44	4.47	3.41	4.00	96.00
	0.84~0.42	10.39	8.84	2.97	1.12	28.58	2.65	25.49	74.51
	<0.42	3.98	1.42	1.19	0.45	29.89	1.06	26.73	73.27
中度	>0.84	76.77	9.74	3.12	1.17	4.06	2.76	3.60	96.40
	0.84~0.42	17.03	8.89	2.98	1.13	17.49	2.67	15.69	84.31
	<0.42	6.20	0.74	0.86	0.33	13.80	0.78	12.58	87.42
轻度	>0.84	61.08	32.03	5.65	2.13	9.25	5.03	8.23	91.77
	0.84~0.42	27.87	6.84	2.61	0.98	4.27	2.31	8.28	91.72
	<0.42	11.05	4.18	2.04	0.77	18.46	1.82	16.47	83.53

3 结论

(1) 围封草地以轻度退化为主，自由放牧区以中度退化为主，但在坡顶出现重度退化，旅游区退化程度最为严重，均为重度退化区；

(2) 基于数字图像处理技术及简单随机抽样的估算方法对各个退化程度总体进行分析，随着退化程度的加强，不可蚀颗粒(>0.84 mm)的百分比含量呈增加趋势；半可蚀颗粒(0.84~0.42 mm)及可蚀颗粒(<0.42 mm)含量逐渐减少；

(3) 经过统计分析，>0.84 mm 的不可蚀颗粒的百分比含量总体变动系数小于 10%，绝对误差最小，更接近真值，更能代表其退化程度；

(4) 以>0.84 mm 的颗粒含量做为草原退化划分依据：重度退化含量为 82.22%~89.04%，中度退化含量为 74.01%~79.53%，轻度退化含量为 56.05%~66.11%，较重度含量分别降低了 16.81%，37.05%。

参考文献：

[1] 边振,张克斌.我国荒漠化评价研究综述[J].中国水土保持科学,2010,8(1):105-112.

[2] 李文杰,乌铁红,李晓佳,等.内蒙古希拉穆仁草原旅游地景观格局动态变化[J].地理科学,2013,33(3):307-313.

[3] 张钛仁,张玉峰,柴秀梅,等.人类活动对我国西北地区沙质荒漠化影响与对策研究[J].中国沙漠,2010,30(2):228-234.

[4] 张成霞,南志标.放牧对草地土壤理化特性影响的研究进展[J].草业学报,2010,19(4):204-211.

雨日以 $0.03 \text{ d}/10 \text{ a}$ 的速率减少。通过对川东盆地年平均降水量突变前后暴雨日的分析发现,突变后暴雨日发生频率减少了 0.78% ,暴雨程度加剧 1.66% 。川东盆地存在两个暴雨高值中心,分别是万源、雅安;广元—阆中—遂宁一线及其以东地区年暴雨日呈增加趋势,除叙永以外的广元—阆中—遂宁一线以西的大部分地区年暴雨日呈减少趋势。

参考文献:

- [1] Stocker T F, Stocker. Climate change 2013[R]. Sweden: Stockholm, 2013.
- [2] Easterling D R, Meehl G A, Parmesan C, et al. Climate extremes: observations, modeling, and impacts [J]. Science, 2000, 289(5487): 2068-2074.
- [3] Demirkesen A C. Multi-risk interpretation of natural hazards for settlements of the Hatay province in the east Mediterranean region, Turkey using SRTM DEM[J]. Environmental Earth Sciences, 2012, 65(6): 1895-1907.
- [4] Bergholt D, Lujala P. Climate-related natural disasters, economic growth, and armed civil conflict[J]. Journal of Peace Research, 2012, 49(1): 147-162.
- [5] Knutson T R, Tuleya R E, Kurihara Y. Simulated increase of hurricane intensities in a CO_2 -warmed climate[J]. Science, 1998, 279(5353): 1018-1021.
- [6] Allan R P, Soden B J. Atmospheric warming and the amplification of precipitation extremes [J]. Science, 2008, 321(5895): 1481-1484.
- [7] 邓自旺, 丁裕国, 陈业国. 全球气候变暖对长江三角洲极端高温事件概率的影响[J]. 南京气象学院学报, 2000, 23(1): 42-47.
- [8] Sha C, Bi X. Natural disasters and average temperature in China[J]. Disaster Advances, 2013, 6(3): 41-42.
- [9] 中国气象局. 中国气象灾害年鉴 2007[M]. 北京: 气象出版社, 2007.
- [10] 蒋亮. 都江堰高位山体滑坡灾害已致 43 死失踪失联 118 人[EB/OL]. (2013-07-13). <http://scnews.news-sc.org/system/2013/07/13/013810888.shtml>.
- [11] 中国气象局. 中国灾害性天气气候图集[M]. 北京: 气象出版社, 2007.
- [12] 王祥荣, 王愿. 全球气候变化与河口城市脆弱性评价: 以上海为例[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [13] 林忠辉, 莫兴国, 李宏轩, 等. 中国陆地区域气象要素的空间插值[J]. 地理学报, 2002, 57(1): 47-56.
- [14] 李正泉, 吴尧祥. 顾及方向遮蔽性的反距离权重插值法[J]. 测绘学报, 2015, 44(1): 91-98.
- [15] 任国玉, 初子荧, 周雅清, 等. 中国气温变化研究最新进展[J]. 气候与环境研究, 2005, 10(4): 701-716.
- [16] 杜华明, 延军平. 四川省气候变化特征与旱涝区域响应[J]. 资源科学, 2013, 35(12): 2491-2500.
- ~~~~~
- (上接第 146 页)
- [5] 史培军. 中国土壤风蚀研究的现状与展望[R]. 北京: 第十二届国际水土保持大会, 2002.
- [6] 朱震达, 陈治平, 吴正. 塔克拉玛干沙漠风沙地貌研究[M]. 北京: 科学出版社, 1981.
- [7] 闫玉春, 唐海萍, 张新时, 等. 基于土壤粒度分析的草原风蚀特征探讨[J]. 中国沙漠, 2010, 30(6): 1263-1268.
- [8] 高君亮, 高永, 罗凤敏, 等. 表土粒度特征对风蚀荒漠化的响应[J]. 科技导报, 2014, 32(25): 20-25.
- [9] 王淮亮, 李玉宝, 虞毅, 等. 基于 Erdas 的地表粗粒信息提取模块设计与客户化[J]. 山东农业大学学报: 自然科学版, 2012, 43(3): 413-418.
- [10] 王淮亮, 高君亮, 原伟杰, 等. 戈壁灌丛堆周边地表土壤颗粒的空间异质特征[J]. 植物生态学报, 2013, 37(5): 464-473.
- [11] 王淮亮, 李玉宝, 高君亮, 等. 风蚀地表颗粒含量提取技术: 基于决策树图像分类[J]. 农机化研究, 2013, 35(2): 134-137.
- [12] 高君亮, 李玉宝, 虞毅, 等. 毛乌素沙地不同土地利用类型土壤分形特征[J]. 水土保持研究, 2010, 17(6): 220-223.
- [13] 内蒙古自治区林业厅. 内蒙古自治区第五次荒漠化和沙化监测实施细则[S]. 呼和浩特, 2014.
- [14] 达尔罕茂明安联合旗志编纂委员会. 达尔罕茂明安联合旗志[M]. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1994.
- [15] Chepil W S. Factors that influence clod structure and erodibility of soil by wind: IV. sand, silt, and clay[J]. Soil Science, 1955, 80(2): 155-162.
- [16] 陈广泉, 刘文全, 于洪军, 等. 基于 GIS 的莱州湾南岸土壤盐渍化特征分析研究[J]. 海洋科学进展, 2012, 30(4): 501-507.
- [17] 刘良梧. 半干旱农牧交错带栗钙土的发生与演变[J]. 土壤学报, 2000, 37(2): 174-181.
- [18] 李绍良, 康师安. 内蒙古草原土壤退化进程及其评价指标的研究[J]. 土壤通报, 1997, 28(6): 241-243.
- [19] 李绍良, 陈有君. 土壤退化与草地退化关系的研究[J]. 干旱区资源与环境, 2002, 16(1): 92-95.