

高原鼠兔洞穴区次生斑块面积的测定方法

于龙^{1,2} 周立¹ 刘伟¹ 周华坤¹ 张毓^{1,2}

(1中国科学院西北高原生物研究所, 西宁, 810001) (2中国科学院研究生院, 北京, 100049)

摘要: 利用数码相机快速获得高原鼠兔挖掘活动形成的次生斑块图像, 运用地理信息系统软件 (Arcview) 计算其面积。运用该方法对草地内高原鼠兔洞穴区次生斑块的面积进行了实地测量, 结果显示该方法可以快速、准确测量出不同形状次生斑块的面积, 具有良好的实用性和可操作性。

关键词: 高原鼠兔; 次生裸地; 图像处理; 面积测定

中图分类号: Q958.1

文献标识码: A

文章编号: 1000 - 1050 (2006) 01 - 0089 - 05

An approach to measure the bare patches by excavating of plateau pikas

YU Long^{1,2}, ZHOU Li¹, LU Wei¹, ZHOU Huakun¹, ZHANG Yu^{1,2}

(1 Northwest Plateau Institute of Biology, the Chinese Academy of Sciences, Xining, 810001, China)

(2 Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049, China)

Abstract: Accurate measurement of the bare patches by excavating of plateau pikas (*Ochotona curzoniae*) is important for monitoring on vegetation degradation processes and for the bare patches recovery. Since traditional area measurement methods have disadvantages, a new digital image measurement method is used in our study. An image of bare patches excavated by plateau pikas can be obtained rapidly by means of a digital camera and its areas can be calculated based on the theory that each pixel represents a fixed amount of bared patch area; meanwhile we use Geographical Information System software (Arcview) to improve the accuracy. A series steps were adapted in this method, including tripod installation, digital camera adjustment, photographing, opening image files in Arcview, polygon layer creation, defining the area of a reference object, and drawing the polygon outlining the patches region. Using this method we surveyed the bared patches areas of plateau pikas and found that the irregular patches area could be measured accurately and rapidly. The feasibility and superiority of this approach combined with field experiment are discussed.

Key words: Area measurement; Bare patches; Image processing; Plateau pika (*Ochotona curzoniae*)

高原鼠兔 (*Ochotona curzoniae*) 是青藏高原草地中最主要的优势小哺乳动物, 对草地和草地生态系统具有重要影响力。高原鼠兔在挖掘活动中从地下抛出大量土壤, 在地表形成大量的无植被斑块, 使生草层遭到破坏, 斑块经风蚀水蚀等因素的作用, 面积不断扩大, 相互连片最后形成寸草不生的“黑土滩” (肖云峰等, 1979; 戴海珍, 1997; 李希来, 1994, 2002)。对高原鼠兔挖掘活动形成的次生斑块面积的精确测定, 有利于了解高原鼠兔对草地生态系统水平进程 (如干扰、侵蚀率等) 的影响。

目前对于此类次生斑块面积的测定方法有填图法 (小方格法, 求积仪法)、样线法和卷尺法 (刘

季科等, 1980; 甘肃农业大学, 1999; 刘伟等, 2003) 等, 这些方法的优点是设备投资少, 对操作者的技术要求不高; 缺点是速度慢, 劳动强度大, 精度低, 对面积精度要求高的小斑测量, 无法满足要求, 且多停留在静态的研究水平, 缺乏动态的研究。随着目前地理信息系统 (GIS) 和图像处理技术的发展以及数码产品的普及, 基于图像处理的面积测量技术已经广泛地被引入到农业、草原、昆虫、铁道 (于新文和沈佐锐, 2001; 张全法等, 2001; 张恒敢等, 2002; 鲍雅静等, 2002; 郑芬芳等, 2002) 等领域, 并取得很好的效果。

本文介绍了一种采用数字图像处理技术进行次生斑块面积测量的方法, 拟通过数码相机拍摄各月

基金项目: 国家“十五”科技攻关项目 (2001BA606A - 02); 中国科学院西北高原生物研究所知识创新工程领域前沿项目

作者简介: 于龙 (1978 -), 男, 博士研究生, 主要从事系统生态学研究。E-mail: yulong@nwipb.ac.cn

收稿日期: 2004 - 12 - 30; 修回日期: 2005 - 05 - 13

次生斑块的照片, 经过图像处理对比得出其面积的月动态变化, 研究其变化速率, 为预测和防止“黑土滩”的形成提供相关参数。

1 工作原理

数字摄影测量中获得的数字图像由许多像素点组成, 可通过计算出每个像素点代表的真实面积和图像所占有的像素数量, 来计算出图像的面积, 即通过一定分辨率的数码相机将高原鼠兔形成的次生斑块拍成数码照片, 将数字图像输入到计算机中进行处理, 得到次生斑块所对应的像元数。通过测量已知面积的物体 (以下称标准物体), 可以实现对系统的标定, 得到一个比例系数, 即每个像元所对应的实际面积, 将次生斑块所对应的像元数乘以该比例系数即得其面积。

2 测定步骤

本测定中, 使用 Sony DSC-S85 数码相机, 照相分辨率设定为 1280 × 960, 三维云台 (WT622) 并且配备云台基座 (WT628), 图像处理软件采用 ArcView GIS 3.2, 计算机硬件以能应用 ArcView GIS 3.2 软件为宜。基于图像处理的高原鼠兔对草场危害面积测定方法的过程见图 1。

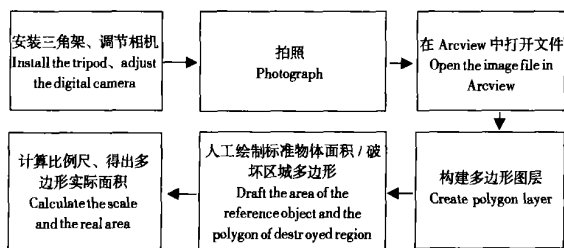


图 1 次生斑块面积测定流程图

Fig. 1 Schematic diagram of bare batch area excavated by plateau pikas

2.1 安装三角架、调节相机

将云台基座安装在三维云台上, 安装时尽可能地使旋转臂足够长, 便于垂直拍摄大面积的地被情况。安装完毕, 旋转云台, 确保云台可以在手的轻推下围绕三脚架轴心旋转。通过三维云台支架上的可卸面板接相机和云台基座, 将数码相机固定在云台基座旋转臂的较远端。

2.2 拍照

拍照前, 根据多个拍摄对象在 LCD 荧屏取景框中的大小确定三维云台支架的高度, 使图像尽可能地覆盖较大的地面范围。摄影高度确定后, 调节

连接数码相机和云台基座的可卸载面板上的水准仪, 使旋转臂与脚架垂直。在地面水平放置网格纸, 使数码相机 LCD 荧屏中央的十字与网格的十字相重合, 使数码相机对地面进行垂直拍摄。

拍照过程中, 把标准物体 (本文用的是已知面积的直尺) 水平摆放在次生斑块区域内, 摆放时尽可能使尺子贴近植被表层, 使其在同一平面上, 否则放置在土丘或土坑内就会造成比例尺的缩小或放大。当次生斑块面积较大, 一张图像不能全部覆盖, 此时用明显的标识物将破坏面分成便于拍摄的各个小部分, 拍摄时保证各部分之间即包含标识物又具有一定的重叠率, 拍摄完一张影像之后, 不放松曝光按钮并使其处于半掀下状态, 继续拍摄其它影像。按照拍摄的次序, 依次记录洞口的标号及特征, 图像存储为 JPEG 格式。

2.3 在 Arcview 中打开文件

运行 Arcview GIS 3.2, 在 “File” 菜单下, 选择 “Extensions” 中的 “JPEG (JFIF) Image Support”, 选中 “Make Default”, 点击 “OK”, 以便在每次启动之后自动支持 JPEG (JFIF) 格式的图像。新建一个 “Views”, 点击 “Add Theme”, 在 “Directory” 中选择图像所在的目录, 在 “Data Source types” 中选择 “Image Data Source”, 然后选中要打开的图像点击 “OK”。

2.4 构建多边形图层

在打开的窗口中, 选中要打开的图像使其显示在视图区 (秦其明等, 2001), 点击 “View” 菜单下的 “New Theme”, 可以选择 “Point/Line/Polygon” 三种特征类型。选择构建 “Polygon” 图层, 在图像上选择多边形绘图工具测量直尺的外边轮廓, 这时状态栏便会显示直尺的图像面积 (即所占像元数量), 重复测量几次, 求其平均值。同样, 选择构建 “Polygon” 图层, 其名称为该图像所对应的次生斑块的标号, 然后在工具栏中选择多边形绘图工具, 从图像上勾绘出每个次生斑块的闭合多边形, 状态栏便会显示图像的面积 (即总像元数量)。

2.5 计算比例尺、得出多边形实际面积

比例尺的计算公式: 比例尺 = 直尺的实际面积 / 直尺所占像元数量, 多边形的实际面积 = 多边形的总像元数量 × 比例尺。

3 测定实例及结果

3.1 室内测量精度检验

按照测定流程图对已知面积的物体进行了室内测量来检验该数码相机的测量精度(方法见张全法等, 2001, 2002), 测量结果见表 1。

表 1 数码相机的测量精度

Table 1 The measure precision of digital camera

被测物体 Object to be measured	实际面积 Actual area (mm ²)	测量面积 Measuring area (mm ²)	相对误差 (%) Relative error
1	15540.00	15492.39	0.31
2	31185.00	31162.18	0.07
3	48880.00	48838.8	0.08
4	58891.64	58764.55	0.22
5	59682.00	59532.55	0.25
6	62370.00	62342.32	0.04
7	87402.00	87145.55	0.29
8	100380.00	99996.84	0.38
9	117632.80	117462.9	0.14
10	124740.00	124507.6	0.19

从表 1 可以看出, 该数码相机测量结果的最大相对误差均不超过 0.5%, 造成该误差的主要原因: 一方面, 数码相机镜头存在畸变, 另一方面, 人工勾绘已知面积物体图像过程中产生的人为误差。考虑到相机的假设高度在 1.5 m 左右, 因而忽略相机镜头存在的畸变(张全法等, 2001), 认为误差主要是人为引起的。因此, 只要在勾绘过程中, 适当地放大图像找清边界, 就会减小测量的误差。

3.2 野外测量实例及结果分析

依据高原鼠兔对洞道的利用情况将次生斑块划分为 3 种类型分别进行监测, 即新洞、一年以上的有效洞和秃斑地(包括废弃洞、草地秃斑、旧土坑、粪便坑)。在 50 m × 50 m 的样地内, 每种类型随机选择 10 个, 并进行如下的编号: 新洞为 001 ~ 010, 一年以上的有效洞为 101 ~ 110, 秃斑地为 201 ~ 210。选取 3 块 50 m × 50 m 的典型重度退化样地, 样地相邻且基质情况大体相同, 已经围栏封育二年并且没有采取灭鼠措施, 从 6 月份开始, 在每块样地内随机选择新洞、一年以上的有效洞、秃斑地各 10 个, 每个洞口安插绑有洞口编号牌的铁丝加以标识, 所选洞口的面积要与相邻洞口间存在明显的间隔, 以避免与相邻高原鼠兔所造成的影响相混淆。

在野外测量过程中, 熟练安装三角架、调试照相机, 在很短的时间内就可达到实用要求, 拍摄一块样地内的 30 个样方, 只需 30 min, 在同一天内即可轻松地拍摄完所有样方, 大大降低了天气的影

响, 工作的连续性更强。当图像拍摄完成后, 图像的处理便转入到室内进行, 而且对于同一洞口不同月份的图像, 可以在 Arcview 同一窗口中打开, 这样在勾绘图像区域时, 通过对比可以最大程度地减小了判读误差, 如图 1 ~ 4 为一个废弃鼠洞(208 号) 6 ~ 9 月份月面积变化图像的处理过程。

为验证本方法的实用性, 实验样地选择在青海省果洛州玛沁县境内大武镇东南部 25 km 处的军牧场地区, 地理位置为东经 100°26' ~ 100°41'、北纬 34°17.6' ~ 34°25', 海拔为 3 980 m; 高原寒冷气候, 年均温 - 2.6 °C, 0 °C 积温为 914.3 °C, 日照时数 2 576.0 h, 年降水量 513.02 mm, 5 ~ 9 月份降水 437.10 mm, 无绝对无霜期, 牧草生长期约 110 ~ 130 d; 主要植被类型为高寒嵩草草甸, 土壤类型以高山草甸土为主。高原鼠兔是分布在该地区的优势种, 研究区内鼠兔的平均有效洞口数为 748 个/hm²(景增春等, 2003)。依据上述操作方法和测量步骤, 于 2004 年 6 ~ 9 月份每月下旬对 3 块重度退化样地内的新洞(共 29 个样本)进行了监测和分析, 得出了各个月份每个高原鼠兔新洞穴区次生斑块的面积, 其月平均变化见图 5。

从图 5 可以看出, 重度退化样地内高原鼠兔新洞穴区次生斑块面积总体呈现增加的趋势: 9 月份平均面积比 6 月份增加了 64.86%。但是月间变化也存在差异: 7 月份面积比 6 月份面积增加 63.37%、8 月份面积比 7 月份减少 34.68%、9 月份面积比 8 月份面积增加 54.50%, 这样的变化趋势正反映了鼠兔挖掘活动造成的植被退化过程和次生裸地的恢复过程是同步的: 6 月份是高原鼠兔挖掘新洞建造自己巢穴的高峰期, 许多地下土层被推到地表形成大的土丘, 土丘覆盖地表的植被造成植被的枯黄死亡, 随着鼠兔的活动增加及风蚀、水蚀等的作用土丘向周围蔓延高度降低, 使破坏面积进一步增加; 从 7 月份开始随着鼠兔洞道体系的构建成功, 其觅食活动增加而挖掘活动减少, 且推到地表的土只在洞口附近原破坏范围以内, 并不造成总破坏面积的增加, 而此时高寒草甸植被在水热条件的配合下生长非常旺盛, 许多原先较薄的土层覆盖的植被开始返青萌发, 逐渐向新洞口方向恢复, 这个时期植被的自我恢复能力大于高原鼠兔的破坏作用, 因此 8 月份洞区面积比 7 月份减小; 到 9 月份随着植被生长季节的结束植被停止生长, 而高原鼠兔家庭由于幼鼠成年需要分窝及储草过冬, 高原鼠兔又开始挖掘活动扩建洞道体系, 如增加卧室, 排

泄场所，建立更多的储藏室等等，大量土层被推出地表，洞区范围又迅速扩大。由此看出在新洞形成的过程中高原鼠兔挖掘活动造成的植被退化和植被的恢复此消彼涨，造成高原鼠兔次生斑块形状的不

规则，使用传统的测量即繁琐误差又大，而通过对图像的处理可以清楚地勾绘出土、草的边界，精确地计算出不规则多边形的面积。

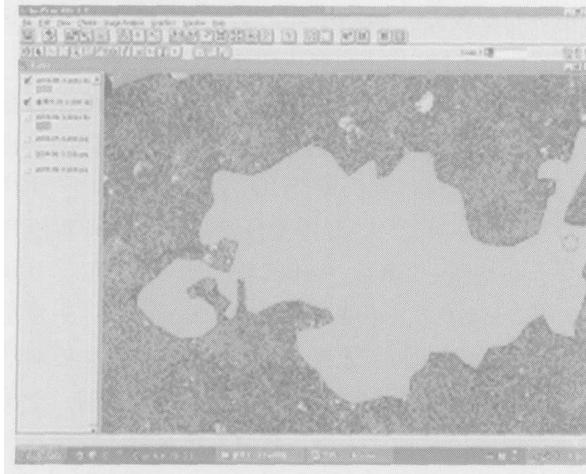


图 1 6月份次生斑块图像 (面积: 171 538.795 8 mm²)
Fig.1 Bare patch image of Jun. (Area: 171 538.795 8 mm²)

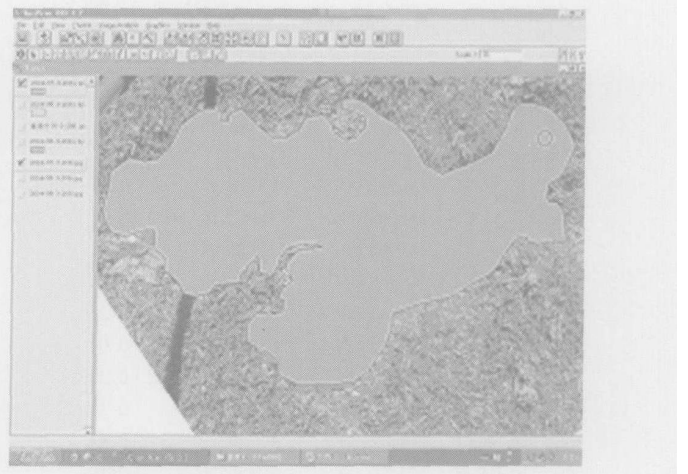


图 2 7月份次生斑块图像 (面积: 127 575.089 8 mm²)
Fig.2 Bare patch image of Jul. (Area: 127 575.089 8 mm²)

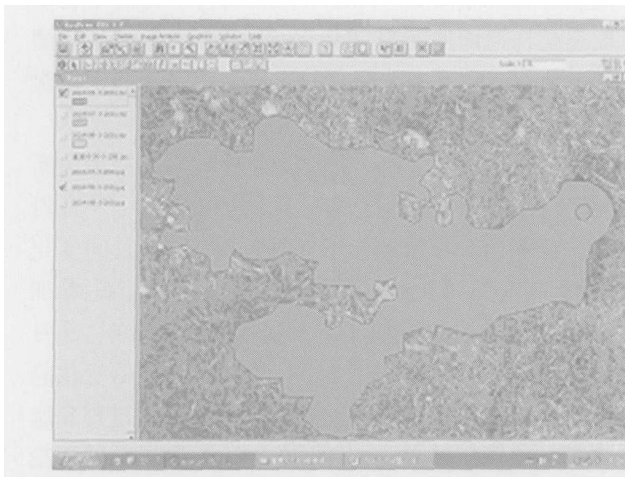


图 3 8月份次生斑块图像 (面积: 114 523.183 6 mm²)
Fig.3 Bare patch image of Aug. (Area: 114 523.183 6 mm²)

注: 由于每次摄影的角度不同, 用图中的圆代表洞口所在位置。

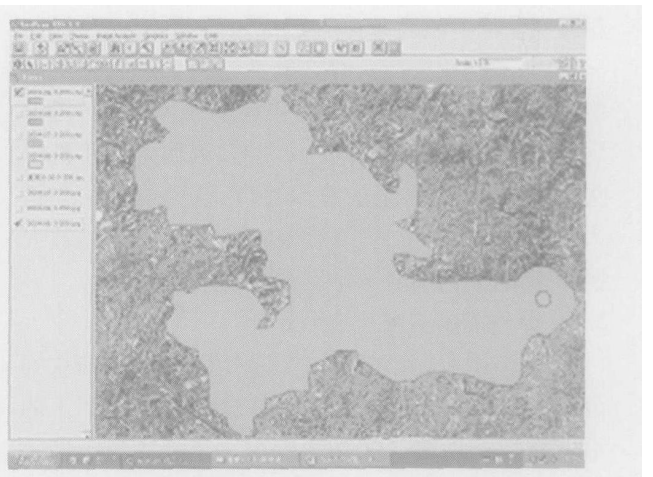


图 4 9月份次生斑块图像 (面积: 124 045.420 6 mm²)
Fig.4 Bare patch image of Sep. (Area: 124 045.420 6 mm²)

Note: Because every time the angel measurement is different, so we use circle in the image to represent the burrow position of plateau pika

4 讨论

随着地理信息系统 (GIS) 和图像处理技术的发展、数码产品的普及, 基于图像处理的面积测量技术已经广泛地被引入到农业、草原、昆虫、铁道等领域, 并取得了很好的效果。而在近地面次生斑块面积监测方面却一直没有得到应用。

由于传统的面积测量手段工作量大、周期长, 受天气条件影响显著, 而且精度低, 尤其对于小的面积变化极可能无法识别, 本实验方法对面积的变

化极为灵敏, 能监测出误差小于 0.5% 的变化, 使小尺度的面积变化测量成为可能, 为监测高原鼠兔破坏情况提供更精确的基础数据。此外, 实地测量与绘图等数据不利于保存, 而且由于每次测量误差都不相同, 给数据的比较带来很多不便, 而基于图像处理的面积测量方法则显示出了较高的优越性: 精度高、效率高, 受野外天气影响小; 数据存储为信息丰富的数字图像, 便于保存和处理, 在对比解析中可以大大提高精度, 减小人为误差, 对长期的变化监测极为有效。由于高原鼠兔挖掘新洞, 重复

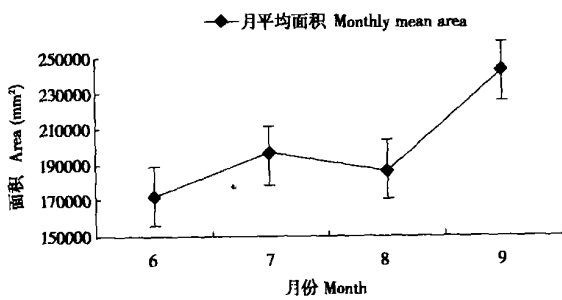


图5 重度退化样地内高原鼠兔新洞穴区次生斑块面积的月平均变化

Fig. 5 Monthly mean area change of the new bare patches of plateau pika in heavily degraded sample plot

利用废弃旧洞口等行为的存在,使得高原鼠兔对草场的破坏和草场植被补偿性自我恢复间关系的研究具有长期性,因此运用本方法对高原鼠兔挖掘活动造成的草场次生斑块面积的研究结果,将在以后的继续监测中展现出来。

当然,本方法对于较大的次生斑块,拍摄成具有一定重叠率的分幅图像,这样在勾绘边界面积时存在一定的误差。另外由于微地形的起伏,有时会使像平面与地面产生小的夹角,也会造成比例尺的微小变化。尽管如此,该方法具有方便、快捷,精度高等特点,使其在面积变化监测中具有更高的实用性。

参考文献:

- Bao Y J, Li Z H, Zhang Y. 2002. Comparison of measure methods of *Leymus chinensis* leaf area. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Neimongol Sinica*, **33** (1): 62 - 64.
- Dai H Z. 1997. The causes analysis on "black sands" of degradation grassland and its control methods in Qinghai alpine meadow. *Journal of Grass and Livestock Sinica*, **1**: 8 - 9.
- Jing Z C, Wang W H, Wang C T, Li Y F, Lai D Z. 2003. Study on rodent pest management of degradation grassland in the source region of Yangtze and Yellow Rivers. *Grassland of China Sinica*, **25** (6): 36 - 40.
- Liu J K, Zhang Y Z, Xin G W. 1980. Relationship between numbers and degree of harmfulness of the plateau pika. *Acta Zoologica Sinica*, **26** (4): 378 - 385.
- Li X L. 1994. Bare spot measurement of "black sands" in Guolu area. *Chinese Qinghai Journal of Animal and Veterinary Sciences Sinica*, **24** (3): 17 - 19.
- Li X L. 2002. Natural factors and formative mechanism of "black sands" formed on grassland in Qinghai-Tibetan plateau. *Practical Science Sinica*, **19** (1): 20 - 22.
- Liu W, Wang X, Zhou L, Zhou H K. 2003. Studies on destruction,

- prevention and control of plateau pikas in *Kobresia pygmaea* meadow. *Acta Theriologica Sinica*, **23** (3): 214 - 219.
- Xiao Y F, Liang J R, Du Q, Sha Q. 1979. The characteristics of plateau pika effect on different vegetation types of grassland and its recovering methods. *Chinese Grassland Sinica*, **2**: 32 - 39.
- Yu X W, Shen Z R. 2001. Segmentation technology of insect digital image. *Transactions of the Chinese Society of Agriculture Engineering Sinica*, **17** (3): 137 - 141.
- Zhang H G, Yang S J, Gu K J, Li D M. 2002. An approach to measure plant leaf area using image process. *Jiangsu Agriculture Science and Technology Sinica*, **3**: 20 - 21.
- Zhang Q F, Feng X, He J T, Chen Y R. 2001. Design and application of a system for plant leaf area measurement system. *Journal of Henan Agricultural University Sinica*, **35** (4): 383 - 386.
- Zhang Q F, He J T, Chen Y R. 2002. Method of improving the precision of measurement of plant leaf area. *Journal of Henan Agricultural University Sinica*, **36** (1): 91 - 95.
- Zheng F F, Liu J, Fan P X. 2002. Research on measuring shape of wheel set treads with the digital camera. *Railway Vehicle Sinica*, **40** (1): 19 - 22.
- 于新文, 沈佐锐. 2001. 昆虫数字图像的分割技术研究. *农业工程学报*, **17** (3): 137 - 141.
- 甘肃农业大学. 1999. 草原保护学第一分册草原啮齿动物学 (第二版). 北京: 中国农业出版社, 4.
- 刘伟, 王溪, 周立, 周华坤. 2003. 高原鼠兔对小嵩草甸的破坏及其防治. *兽类学报*, **23** (3): 214 - 219.
- 刘季科, 张云占, 辛光武. 1980. 高原鼠兔数量与危害程度的关系. *动物学报*, **26** (4): 378 - 385.
- 张全法, 冯绚, 何金田, 陈渝仁. 2001. 植物叶片面积测量系统的设计及应用. *河南农业大学学报*, **35** (4): 383 - 386.
- 张全法, 何金田, 陈渝仁. 2002. 提高植物叶片面积测量精度的方法. *河南农业大学学报*, **36** (1): 91 - 95.
- 张恒敢, 杨四军, 顾克军, 李德民. 2002. 应用数字图像处理测定作物叶面积的简便方法. *江苏农业科技*, **3**: 20 - 21.
- 李希来. 1994. 果洛地区"黑土滩"中秃斑地测定. *青海畜牧兽医杂志*, **24** (3): 17 - 19.
- 李希来. 2002. 青藏高原"黑土滩"形成的自然因素与生物学机制. *草业科学*, **19** (1): 20 - 22.
- 肖云峰, 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.
- 郑芬芳, 刘继, 范佩鑫. 2002. 用数码相机测量轮对踏面形状的研究. *铁道车辆*, **40** (1): 19 - 22.
- 秦其明, 曹五丰, 陈杉. 2001. *Arcview*地理信息系统实用教程. 北京: 北京大学出版社.
- 鲍雅静, 李政海, 张颖. 2002. 羊草叶面积测量方法的比较. *内蒙古大学学报 (自然科学版)*, **33** (1): 62 - 64.
- 戴海珍. 1997. 青海高寒草甸退化草地——"黑土滩"形成原因分析与治理对策. *草与畜杂志*, **1**: 8 - 9.
- 景增春, 王文瀚, 王长庭, 李有福, 来德珍. 2003. 江河源区退化草地鼠害的治理研究. *中国草地*, **25** (6): 36 - 40.