

## 第八届“认证杯”数学中国

### 数学建模网络挑战赛 承诺书

我们仔细阅读了第八届“认证杯”数学中国数学建模网络挑战赛的竞赛规则。

我们完全明白，在竞赛开始后参赛队员不能以任何方式（包括电话、电子邮件、网上咨询等）与队外的任何人（包括指导教师）研究、讨论与赛题有关的问题。

我们知道，抄袭别人的成果是违反竞赛规则的，如果引用别人的成果或其他公开的资料（包括网上查到的资料），必须按照规定的参考文献的表述方式在正文引用处和参考文献中明确列出。

我们郑重承诺，严格遵守竞赛规则，以保证竞赛的公正、公平性。如有违反竞赛规则的行为，我们接受相应处理结果。

我们允许数学中国网站([www.madio.net](http://www.madio.net))公布论文，以供网友之间学习交流，数学中国网站以非商业目的的论文交流不需要提前取得我们的同意。

**我们的参赛队号为：4348**

**参赛队员（签名）：**

队员 1：柏欢

队员 2：初嘉鹏

队员 3：熊杰

**参赛队教练员（签名）：**

**参赛队伍组别（本科组）：本科组**

## 第八届“认证杯”数学中国

### 数学建模网络挑战赛 编号专用页

参赛队伍的参赛队号：（请各个参赛队提前填写好）：

4348

竞赛统一编号（由竞赛组委会送至评委团前编号）：

---

竞赛评阅编号（由竞赛评委团评阅前进行编号）：

# 2015 年第八届“认证杯”数学中国 数学建模网络挑战赛第一阶段论文

题 目：不同干扰下荒漠植物与啮齿动物群落的作用及稳定性分析

关键词：相关系数检验，显著性检验，逐步线性回归分析，主成分分析，SPSS

## 摘要：

本文旨在研究不同干扰下荒漠植物与啮齿动物群落的作用及稳定性研究，然后得出荒漠生态系统中群落相互影响关系和影响机制。

根据预处理后的数据对 2 类植物生物量和 3 种啮齿动物优势种百夹捕获率绘图分析，得出荒漠区不同干扰下植物地上生物量、啮齿动物生物量的变化趋势；利用 pearson 相关系数检验及 spearman 秩相关系数检验分别对 2 类植物生物量和啮齿动物总的捕获率进行检验，并进行显著性检验，得出草本植物生物量与啮齿动物呈正相关，灌木植物生物量与啮齿动物呈负相关。

进行啮齿动物群落稳定性分析时，对 3 种啮齿动物优势种百夹捕获率和 2 种植物各影响因子在内的共 12 种变量进行相关性分析及显著性检验，定性分析出依次显著影响啮齿动物群落稳定性的因素，然后通过逐项线性回归分析，定量得出了不同干扰条件下各显著因素对于啮齿动物群落稳定性的影响程度。

最后应用主成分分析，揭示干扰对于啮齿动物群落的影响机制：过牧较轮牧使草木盖度和灌木盖度显著下降，间接降低了啮齿动物的隐蔽性，使其在活动时更容易暴露在捕食者的视线之内，遭遇捕食的频度上升了引起其生物量的下降。同时由于放牧强度的增大，过牧使得啮齿动物栖息地质量变差，啮齿动物群落生物量由于食物资源缺乏而下降。因此，荒漠啮齿动物的捕获率对放牧的干扰强度有一定的指示作用。

参赛队号： 4348

所选题目： C 题

参赛密码 \_\_\_\_\_  
(由组委会填写)

## Abstract

We analyze stability rodent community, based on a total of 12 kinds of variables , depending on the factor of 3 kinds of rodents species per clip capture rate and the effect of 2 kinds of plants. We did the correlation analysis and significant test, qualitative analysis of the influencing factors ,finding that the stability of rodent community are significant, and then by means of linear regression analysis, we get the quantitative result in the different interference conditions the significant factors to influence the stability of the rodent community.

According to graphs of the preprocessed data of 2 kinds of plant biomass and 3 rodent species dominant species per clip capture rate, we get the trend of the rodent desert plants under different disturbance on biomass; using the Pearson correlation coefficient test and Spearman rank correlation test of 2 kinds of plant biomass and the total capture rate of rodents, and the significant test, we get the positively herbaceous biomass with rodents, negatively correlated with shrub biomass and rodents.

When we analyzing stability rodent community, we take advantage of the correlation analysis and significant test, where a total of 12 kinds of variables on the factor of 3 kinds of rodents species per clip capture rate and the effect of 2 kinds of plants, and we analyze the influencing factors of the stability of rodent community with significance in qualitative, and then by using linear regression analysis, we get the quantitative result in the different interference conditions the significant factors to influence the stability of the rodent community.

Finally, we make application of principal component analysis, which reveals the influence mechanism of interference for the rodent community: Compared to grazing in turns, overgrazing is the vegetation coverage of economical grazing ,making the shrub coverage significantly decrease, and indirectly making the rodent hidden reduce, so that it is more easily to be found when exposed to natural enemy. At the same time ,as the increasing of grazing intensity, after grazing the rodents habitat quality variation, the biomass of rodent community decreased due to lack of food. Therefore, there are indications of grazing disturbance intensity of the capture of desert rodent.

**Key words:** Significant test、Correlation analysis、PCA、Stepwise regression analysis 、SPSS

## 一、问题重述

环境与发展是当今世界所普遍关注的重大问题，随着全球与区域经济的迅猛发展，人类也正以前所未有的规模和强度影响着环境、改变着环境，使全球的生命支持系统受到了严重创伤。

作为我国三大自然区域之一的西北干旱区，由于近年来人为干扰不断加重，导致西北干旱地区的荒漠化日益严重，依赖于植物生存的动物种群和群落结构随之受到了明显影响。许多群落与人的干扰具有密切关系，而干扰的一个突出作用是导致生态系统中各类资源的改变和生态系统结构的重组，导致异质性环境的形成。

因此，在不同干扰方式下，研究栖息地破碎化过程中群落的变化特征对于该区域的经济发展与生态环境保护具有深远的理论意义与实践价值。

根据题目要求，现要根据给定的数据，建立数学模型，分析以下两个问题：

1. 分析荒漠区不同干扰下植物地上生物量，啮齿动物生物量的变化趋势，并揭示不同干扰下植物生物量与啮齿动物生物量之间的变化关系。
2. 建立模型对于数据中给出的地区，进行啮齿动物群落稳定性的研究，揭示干扰对于啮齿动物群落的影响机制，并且给当地政府写一封信，陈述研究的观点和主张。

## 二、问题分析

对于问题一，我们将干扰分类为人为干扰与自然干扰。其中人为干扰是指人类生产或其他干扰方式对自然生态系统施加的各种影响及扰动；自然干扰仅指气候变化的扰动，如 7 月和 10 月的气候存在差异，数据中的 7 月代指夏季，10 月代指秋季，7 月与 10 月的比较即可代指夏秋季节气候变化。

我们将啮齿动物优势种作为啮齿动物的代表，在题目的解决过程中，将啮齿动物优势种百夹捕获率作为啮齿动物生物量的指标，题目给出的 2 类植物生物量作为植物地上生物量，通过对 2 种干扰对 2 类植物（草本和灌木）生物量及 3 种啮齿动物优势种（三趾跳鼠，子午沙鼠和小毛足鼠）百夹捕获率绘图，我们从中得出在不同干扰下植物地上生物量、啮齿动物生物量变化趋势。

通过不同干扰生境对 2 类植物生物量和 3 种啮齿动物优势种（三趾跳鼠，子午沙鼠和小毛足鼠）百夹捕获率绘图并进行回归分析，求解出 2 类植物（草本和灌木）生物量和 3 种啮齿动物优势种（三趾跳鼠，子午沙鼠和小毛足鼠）百夹捕获率的显著性水平，进而可以分析出不同干扰下植物生物量与啮齿动物生物量之间的变化关系。

对于问题二，要研究啮齿动物群落的稳定性，需要找到影响动物群落的稳定性的主要因素。我们使用 SPSS 软件对预处理后的数据进行草本植物高度、盖度、密度和生物量及灌木高度、盖度、密度和生物量与三种啮齿动物生物量（百夹捕获率）进行双变量相关性分析；根据处理后的数据定性分析得出三种啮齿动物优势种生物量随气候变化及干扰生境的统计分析，可以得出不同的干扰生境对啮齿动物群落稳定性的影响。

根据数据处理的结果，通过植物因子与不同干扰生境之间的统计分析，得出干扰生境对于植物因子影响程度，然后通过 spearman 秩相关系数检验及 pearson 相关系数检验得出干扰生境下啮齿动物优势种生物量与植物因子的相关性，定性分析出不同干扰对于啮齿动物群落稳定性的影响。通过啮齿动物优势种生物量关于各植物因子的多元回归分析，可以定量分析出不同干扰对于啮齿动物群落稳定性影响，最后使用主成分分析进行验证，总结出干扰对啮齿动物群落稳定性影响机制。

### 三、模型假设

- 1、除附表干扰因素与生物因子，忽略其他因子的影响
- 2、附表给出的数据都是正确合理的。
- 3、在未来的较短时间内，没有很大的人为灾害与自然灾害。

### 四、符号说明

- 1、 $y_k$ —第  $k$  对观测值的因变量值
- 2、 $x_{jk}$ —第  $k$  对观测值第  $j$  个自变量值
- 3、 $\varepsilon_k$ —随机误差项
- 4、 $a_k, a_{ijk}$ —第  $k$  对观测值第  $j$  个自变量相对于第  $i$  个因变量的回归系数
- 5、 $\hat{a}_0, \hat{a}_{ij}$ —最小二乘法估计得第  $j$  个因变量相对于第  $i$  个自变量的回归系数
- 6、 $r_{xyj}$ —相关系数
- 7、 $S_x, S_y$ — $x_{ij}, y_i$  的均方差
- 8、 $m$ —第  $i$  个因变量对应多元回归自变量元数
- 9、 $n$ —观测值个数
- 10、 $k$ —每百夹捕获率对应的啮齿动物生物量

### 五、模型建立

设多元线性回归模型：

$$y = a_0 + \sum_{j=1}^m a_j x_j + \varepsilon,$$

其中随机误差项  $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$

利用最小二乘法估计出  $a_0, a_j$  的值为：

$$\hat{a}_j = \frac{\sum_{k=1}^n (x_{jk} - \bar{x}_j)(y_k - \bar{y})}{\sum_{k=1}^n (x_{jk} - \bar{x}_j)^2}$$

$$\hat{a}_0 = \bar{y} - \sum_{j=1}^m \hat{a}_j \bar{x}_j$$

第  $i$  个因变量的第  $j$  个自变量的相关系数：

$$r_{xyj} = \frac{S_x}{S_y} \hat{a}_j$$

记相关系数矩阵： $R_{xy} = \begin{bmatrix} r_{xy1} \\ \vdots \\ r_{xym} \end{bmatrix}$ ，自变量矩阵： $X = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix}$ ，因变量矩阵：

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_t \end{bmatrix}$$

一般设回归方程：

$$Y = XR_{xy}$$

原始数据  $y_{jk}$  的总变异平方和：

$$SST = \sum_{k=1}^{22} (y_k - \bar{y})^2, \text{ 其自由度为}(n-1)$$

用拟合直线可解释的变异平方和：

$$SSR = \sum_{k=1}^{22} (\hat{y}_k - \bar{y})^2, \text{ 其自由度为 } 1$$

残差平方和：

$$SSE = \sum_{k=1}^{22} (y_k - \hat{y}_k)^2, \text{ 其自由度为}(n-2)$$

显著性检验使用的统计量为 F 统计：

$$F = \frac{SSR / 1}{SSE / (n - 2)} \sim F(1, n - 2)$$

spearman 秩相关系数检验：将两变量 X、Y 成对的观察值分别从小到大顺序编秩，用  $p_i$

表示  $x_i$  的秩次；用  $q_i$  表示  $y_i$  的秩次。若观察值相同取平均秩次。 $r_s = \frac{l_{pq}}{\sqrt{l_{pp}l_{qq}}}$

pearson 相关系数：

$$r_p = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}}$$

F 检验：

$$S^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}$$

根据本题所给数据知：

观测值个数  $n=22$

设置因变量、自变量及回归系数的数据指标：

表 1.线性回归的因变量、自变量及回归系数规定

因变量、自变量及回归系数规定					
x1 (y1)	x2 (y2)	x3 (y3)	x4 (y4)	x5 (y5)	x6 (y6)
草本高度	草本盖度	草本密度	草本生物量	灌木高度	灌木盖度
x7 (y7)	x8 (y8)	x9 (y9)	x10 (y10)	x11 (y11)	x12 (y12)
灌木密度	灌木生物量	I 鼠生物量	II 鼠生物量	III 鼠生物量	啮齿动物生物量
x13 (y13)	x14 (y14)	x15 (y15)	x16 (y16)	x17 (y17)	$\beta_j$
植物地上生物量	I 鼠百夹捕获率	II 鼠百夹捕获率	III 鼠百夹捕获率	啮齿动物百夹捕获率	自变量回归系数

I 鼠：三趾跳鼠；II 鼠：子午沙鼠；III 鼠：小毛足鼠

其中植物地上生物量即为草本生物量与灌木生物量之和：

$$x_{13} = x_4 + x_8, \quad y_{13} = y_4 + y_8$$

啮齿动物生物量即为三趾跳鼠生物量，子午沙鼠生物量与小毛足鼠生物量之和：

$$x_{12} = x_9 + x_{10} + x_{11}, \quad y_{12} = y_9 + y_{10} + y_{11}$$

啮齿动物百夹捕获率即为三趾跳鼠百夹捕获率，子午沙鼠百夹捕获率与小毛足鼠百夹捕获率之和： $x_{17} = x_{14} + x_{15} + x_{16}$ ， $y_{17} = y_{14} + y_{15} + y_{16}$

设生物量与百夹捕获率之间的关系：

$$x_{17} = k \cdot x_{12}, \quad x_{14} = k \cdot x_9, \quad x_{15} = k \cdot x_{10}, \quad x_{16} = k \cdot x_{11}$$

(其中  $k$  为正数)。

## 六、模型求解

### 模型一

我们在解决问题前，首先对附表数据进行评估和分析，通过 MATLAB 软件做出误差条形图，分别对过牧和轮牧 7、10 月份数据分别进行作图并筛选，首先对 7 月份过牧生境下草本植物因子进行分析，所绘制图形如下。通过下图分析，可以得出草本植物高度因子在重复项为 7 是数据差异较大，因此认为此项数据不具有代表性，我们对此数据进行剔除，剔除后空缺数据用剩余数值平均值进行替代，以此保证数据数量的一致性。

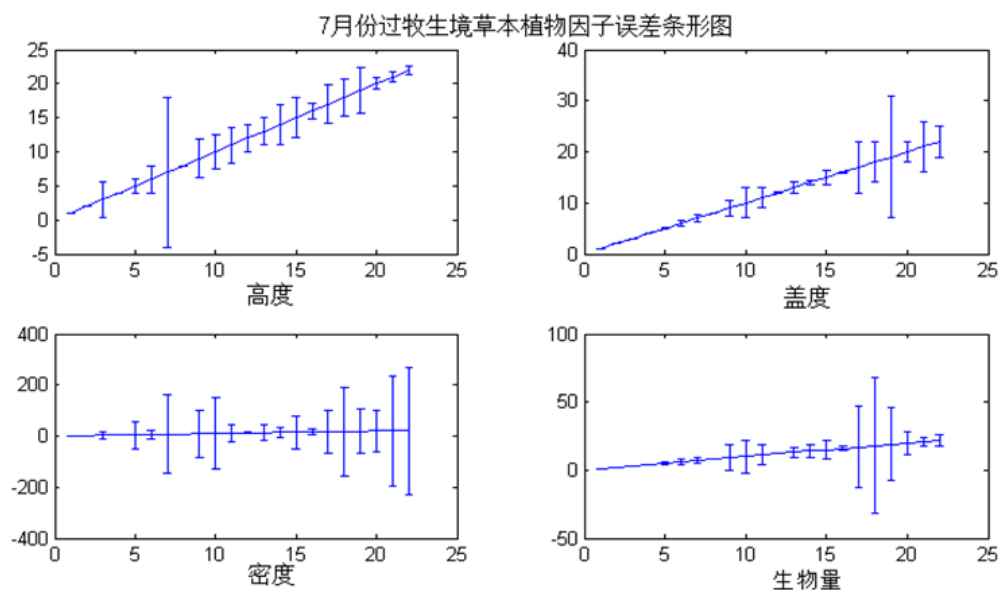


图 1. 7 月份过牧生境下草本植物因子误差条形图

通过下图分析，7 月过牧干扰下灌木植物因子误差条形图中各因子数值较为合理，故不需要剔除数据，所求得结果具有一定的代表性。



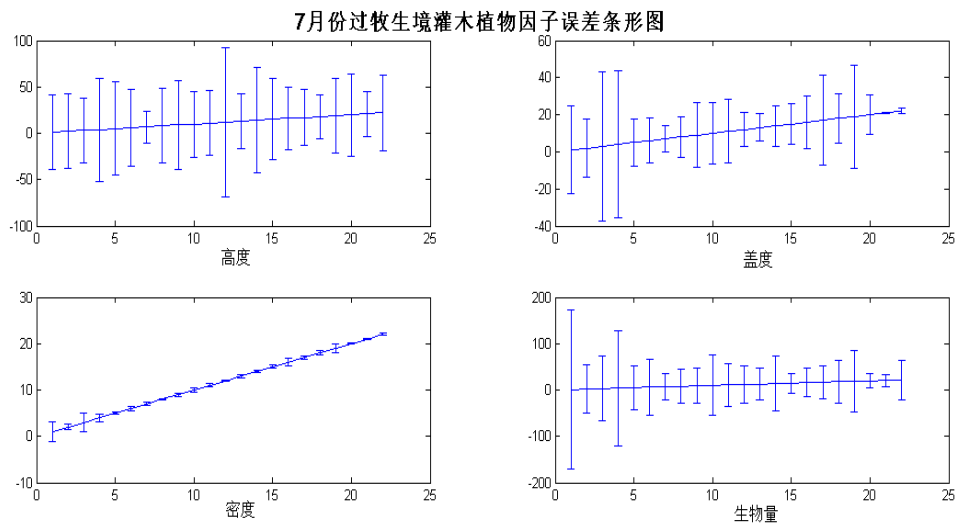


图 2. 7 月份过牧生境下灌木植物因子误差条形图

通过上述方法对其他未处理数据进行合理的删除和等效替代，通过预处理后可以得到新的数据，在后期的分析中，我们使用的数据都是经过预处理后的合理数据。

从本题分析，我们首先对干扰进行分类。干扰分为自然干扰和人为干扰两种干扰方式。人为干扰是区别于自然干扰的一种主要的干扰方式，是指人类生产或其他干扰方式对自然生态系统施加的各种影响及扰动。从达尔文进化论分析，生物是在不断进化和发展，生物对自然干扰具有一定的免疫性和适应性，对于体重所给出的草原生态系统，放牧和轮牧是主要的两大人为干扰方式。本模型分析从两个干扰方式进行分析；自然干扰是通过夏季和秋季进行分析，人为干扰是通过过牧和轮牧经行分析。下述部分为动植物生物量和扰动之间的关系。

我们在研究啮齿动物群落时，可知三趾跳鼠、子午沙鼠和小毛足鼠分布于于荒漠区的沙地及流动沙丘生境中，并且此三种鼠为啮齿类动物优势种群，由于优势品种种群密度决定了群落中的各物种的种群动态和物种多样性等表征群落稳定性的因素，所以我们只研究啮齿动物群落优势种三趾跳鼠、子午沙鼠和小毛足鼠<sup>[1]</sup>。

草本植物生物量与干扰生境关系

过牧就是过度的放牧，由于草原的气候特点，植保恢复较慢，过牧会造成植保破坏进而导致草场沙化。而轮牧就是根据植被恢复情况而合理的在几个草场中轮流放牧，这样既不毁坏草场植被且又充分的利用了牧草资源。我们根据预处理后的数据绘制如下直方图：

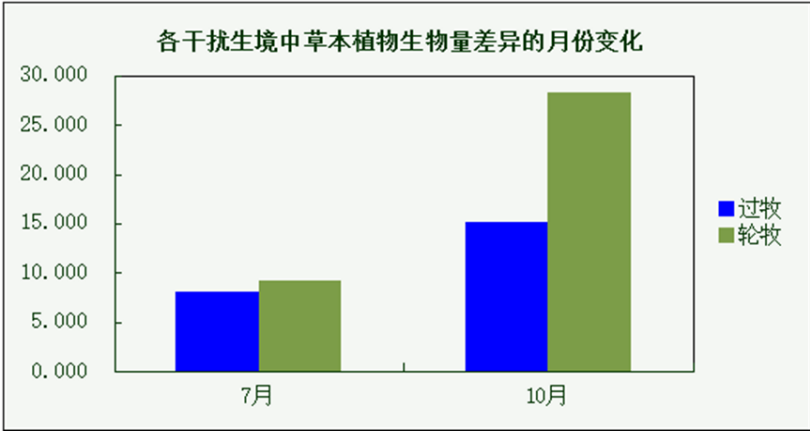


图 3.各干扰生境中草本植物生物量差异的月份变化

不同干扰生境对草本植物生物量影响：

无论夏季（7月）、秋季（10月），过牧相对于轮牧，资源的利用率显著下降，导致草本植物生物量减少，并且秋季的影响大于夏季的影响程度。

不同季节对草本植物生物量影响：

过牧环境下草本植物生物量秋季比夏季增加了88.36%；轮牧环境下草本植物生物量秋季比夏季增加了207.96%。由此看出轮牧情况可以大大提高草本植物的生物量，有利于提高生态系统的稳定性。

## 1、灌木植物生物量与干扰生境关系

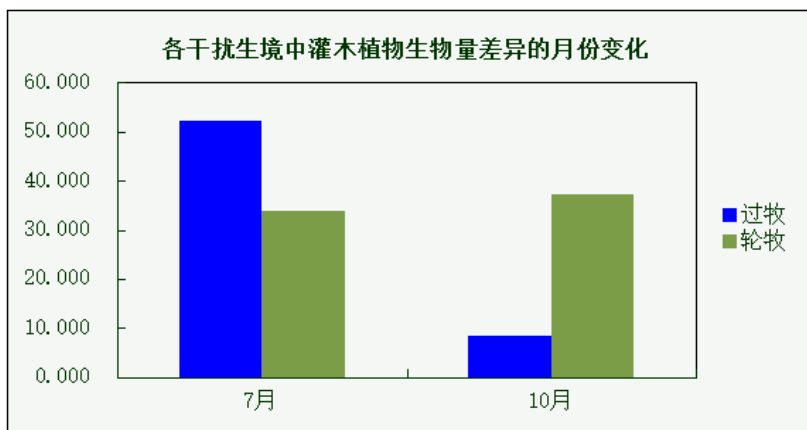


图 4. 各干扰生境中灌木植物生物量差异的月份变化

(a) 不同干扰生境对灌木植物生物量影响：

在7月份采样数据中，过牧生境灌木植物量大于轮牧生境植物量，随着时间的推移，在进入秋季后，轮牧灌木生物量远远大于过牧灌木生物量。

(b) 不同季节对灌木植物生物量影响：

由图较易发现，在过牧情况下，从春季进入秋季期间，灌木生物量大幅度下降；轮牧是一个有效的提高灌木生物量的措施，在4个月期间灌木生物量有小幅提高，以此说明干扰生境对灌木生物量影响较大。

## 2、植物生物量与干扰生境关系

植物的总生物量（灌木生物量与草本生物量之和）来衡量动物栖息地生产力<sup>[2]</sup>，由条形图发现轮牧生境下动物栖息地生产力大于过牧生境下生产力，体现出此地区生态系统更加稳定。不同干扰生境对植物生物量的影响程度取决于季节的变化，在夏季轮牧区生物量比较丰富；在秋季人为干扰因素对自然的影响比较小。

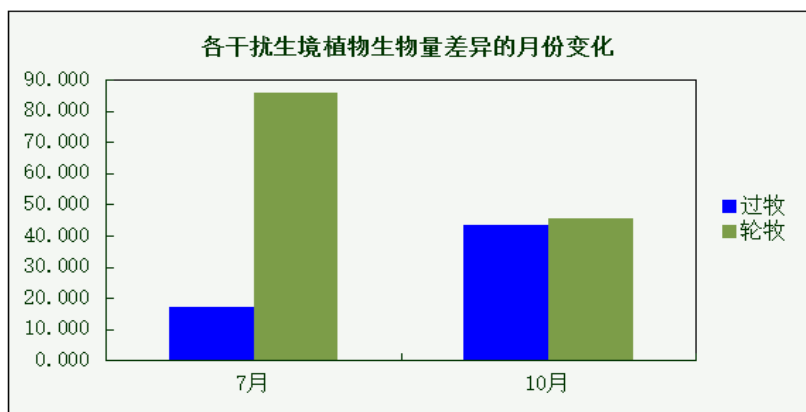


图 5. 各干扰生境中植物生物量差异的月份变化

综合分析：

夏季是各区绝大多数灌木地上生物量最高的季节,秋季是各区绝大多数草本地上生物量最高的季节

### 3、啮齿动物生物量与季节关系

从附表中可以获取啮齿类动物优势种捕获率数据随着干扰生境和季节的变化数据，利用预处理后的数据后我们可以绘制如下条形图：

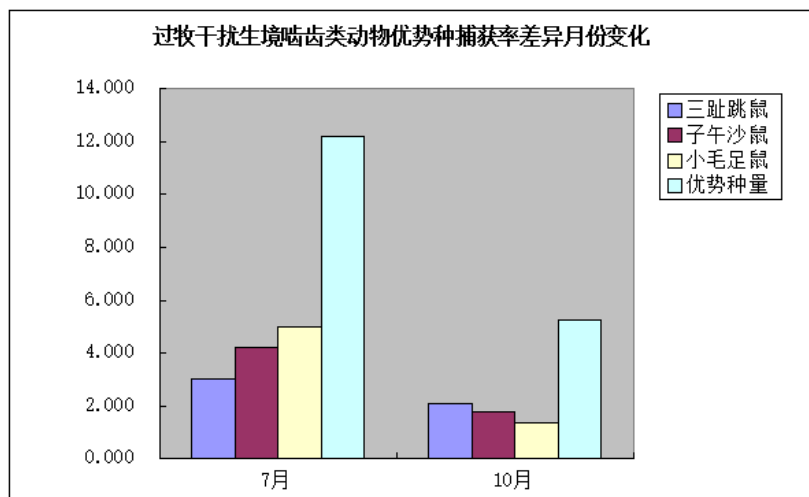


图 6.过牧干扰生境中啮齿动物优势种捕获率差异的月份变化

我们在考虑啮齿类动物生物量指标时，假设啮齿类动物生物量为  $N$ ，并且与捕获率之间存在关系如下：

$$N = k \times M$$

$N$ :啮齿类动物优势种生物量；

$k$ :啮齿类动物优势种与捕获率之间比例系数；

$M$ :啮齿类动物优势种捕获率；

我们在考虑啮齿类动物优势种生物量是通过分析捕获率获得其变化趋势关系。在过牧生境下，三类优势种鼠的在入秋后生物量都在下降。从啮齿动物生物量分析，优势种占群落生物量的绝大部分，可以体现出啮齿动物生物量变化，因此可以得出啮齿动物生物量在秋季会有所下降，资源的消耗率也会降低。

在轮牧生境下啮齿动物优势种捕获率随月份的变化关系图如下。从图中可以分析出来，在秋季啮齿类动物优势种生物量减少，因此反映出啮齿动物生物量的减少。

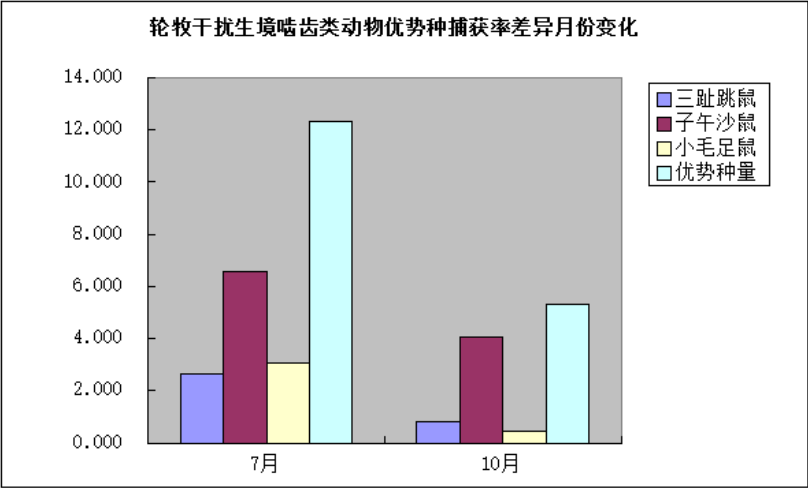


图 7.轮牧干扰生境中啮齿动物优势种捕获率差异的月份变化

综上所述，在不同干扰生境下，同季节啮齿类动物生物量较为稳定；在不同季节时期，春季比秋季啮齿动物生物量数量大。

4、啮齿动物生物量与干扰生境关系

通过附表数据，在数据预处理后绘制如下条形图。从以下图表分析，我们可以不同生境啮齿动物优势种生物量会发生变化，子午沙鼠在轮牧生境下更有利于生存；而三趾跳鼠和小毛足鼠更加适应过牧环境。但是从总体分析，在夏季期间不同干扰生境对啮齿动物生物量影响效果不显著。

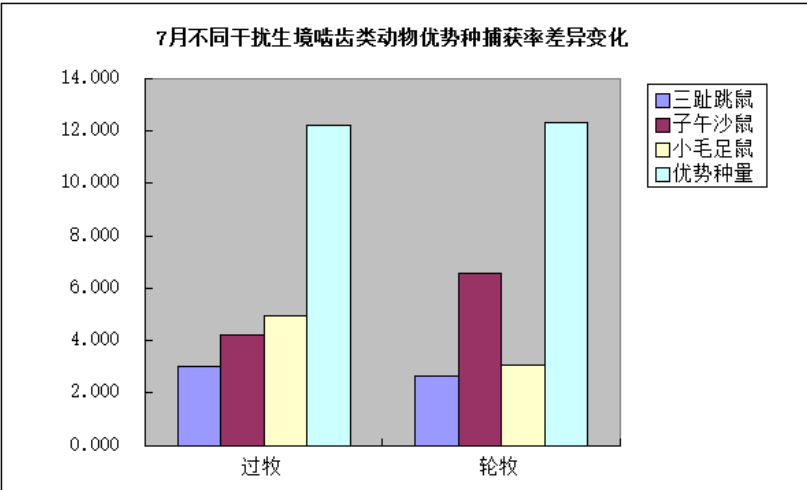


图 7.7 月不同干扰生境中啮齿动物优势种捕获率差异变化

通过附表数据绘制 10 月份不同干扰生境啮齿类动物优势种捕获率条形图。从下图分析轮牧生境下，子午沙鼠可以迅速繁殖而其他优势种由于竞争关系导致生物量在减少<sup>[3]</sup>，但是从整体分析，啮齿类动物群落处于稳定平衡状态，不同的干扰生境对啮齿类动物生物量影响不显著。

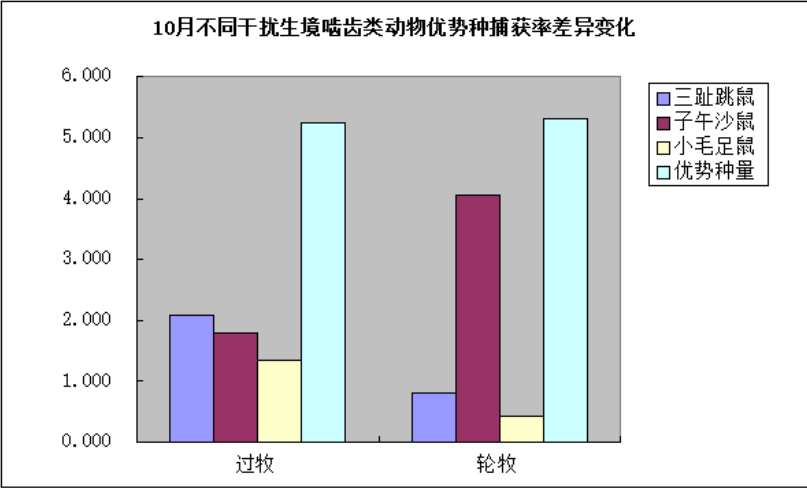


图 8. 10 月不同干扰生境中啮齿动物优势种捕获率差异变化

5、植物生物量与啮齿动物生物量关系

在研究草本植物生物量与啮齿动物生物量之间的关系时，我们通过 SPSS19.0 绘制出散点图，并做出相关性分析，研究其相关显著性水平。根据附表中数据绘制不同季节不同干扰生境植物生物量和啮齿类动物生物量变化趋势关系。

通过下述图表，在 7 月份草本生物量和啮齿类动物生物量 Pearson 呈现负相关，其数值为  $P = -0.316$ 。

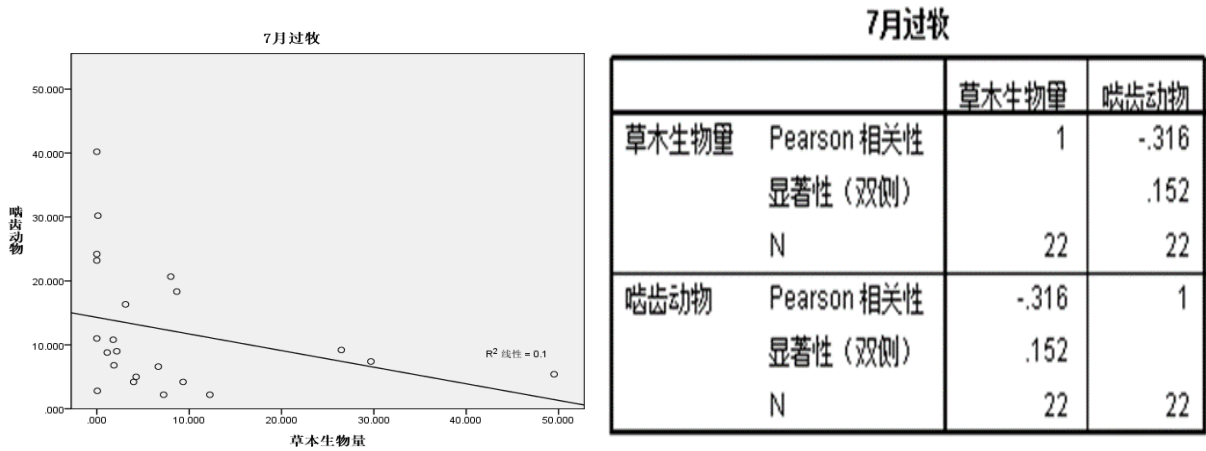


图 9. 7 月份过牧草本生物量和啮齿类动物生物量相关性分析

下述图表呈现出夏季过牧干扰下灌木植物生物量和啮齿类动物生物量之间的关系，由表格可以得到  $P = 0.533$  ,两者之间的关系呈正相关。

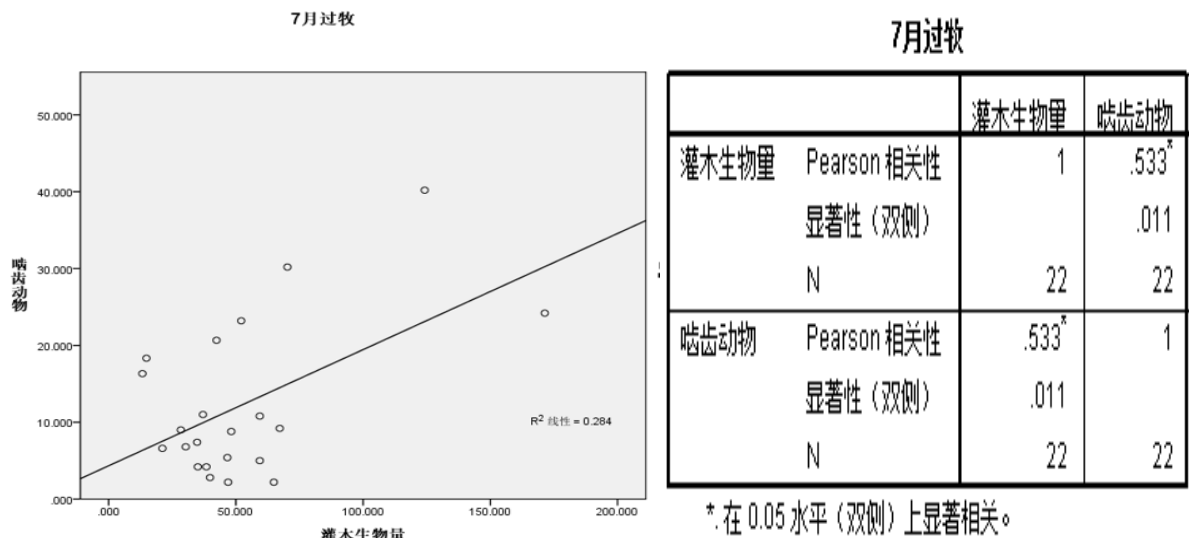


图 10. 7 月份灌木生物量和啮齿类动物生物量相关性分析

在过牧干扰生境下，10 月份草本植物生物量与啮齿动物生物量呈现负相关，但是相关性不是非常显著。

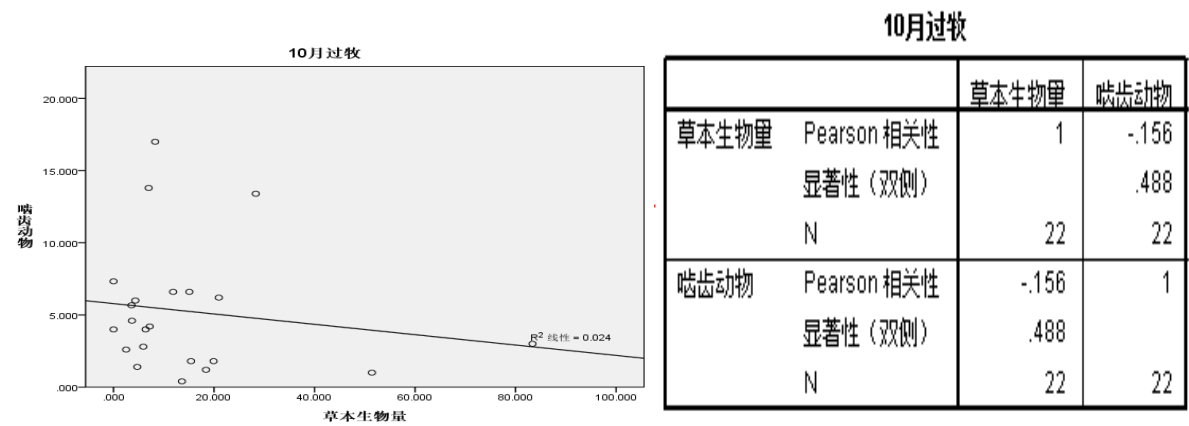


图 11. 10 月份过牧草本生物量和啮齿类动物生物量相关性分析

在过牧干扰生境下，10 月份灌木植物生物量与啮齿动物生物量呈现正相关。

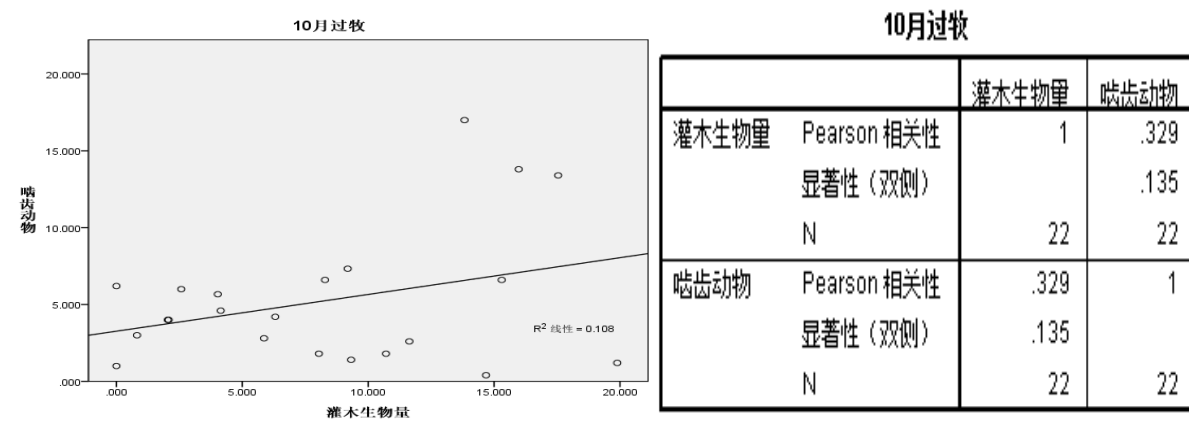


图 12. 10 月份过牧灌木生物量和啮齿类动物生物量相关性分析

在轮牧干扰生境下，夏季草本植物生物量和啮齿类动物量呈现负相关关系，Pearson 值为  $P = -0.366$ 。

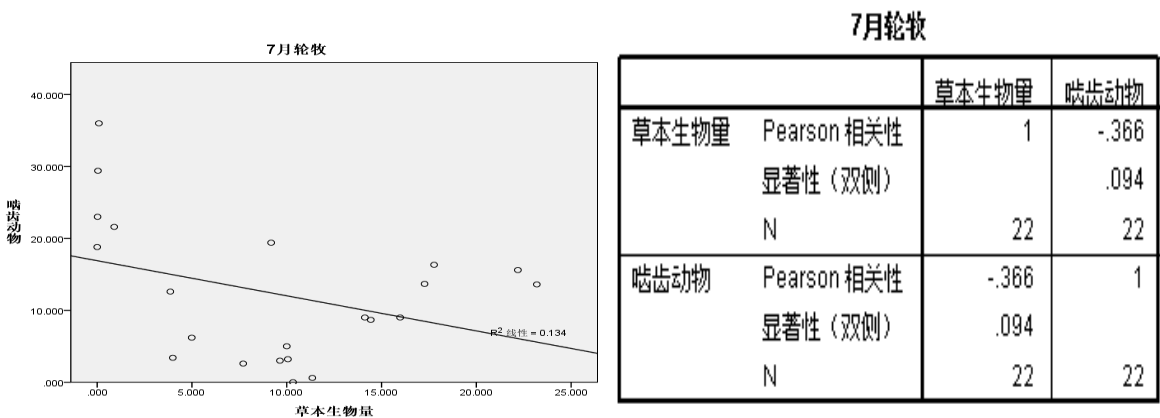


图 13. 7 月份轮牧草本生物量和啮齿类动物生物量相关性分析

在轮牧干扰生境下，秋季草本植物生物量和啮齿类动物量呈现负相关关系，Pearson 值为  $P = -0.333$ 。

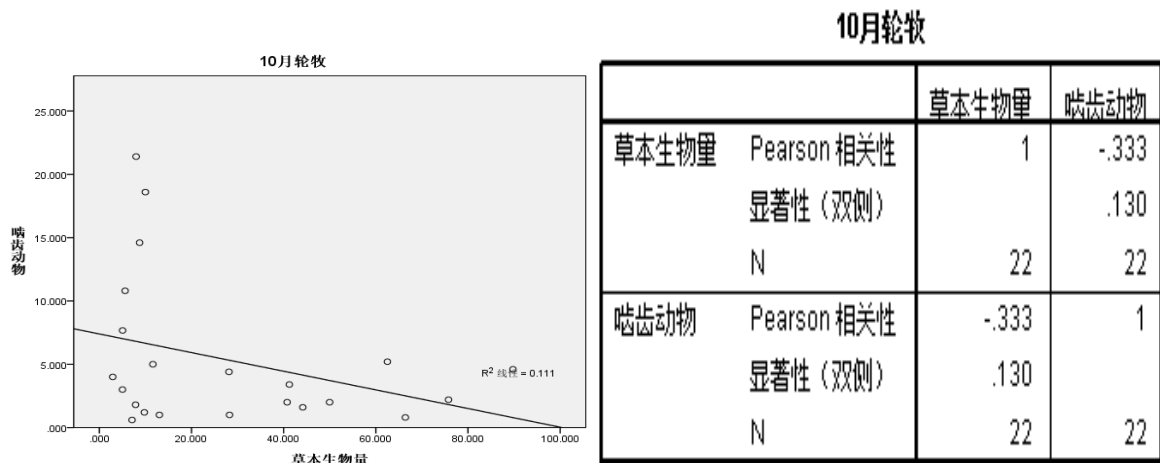


图 14. 10 月份轮牧草本生物量和啮齿类动物生物量相关性分析

在轮牧干扰生境下，夏季灌木植物生物量和啮齿类动物量呈现正相关关系，Pearson 值为  $P = 0.451$  ,两者之间生物量存在一定的协同性，两者之间相互影响，并且灌木生物量和啮齿动物生物量显著相关。

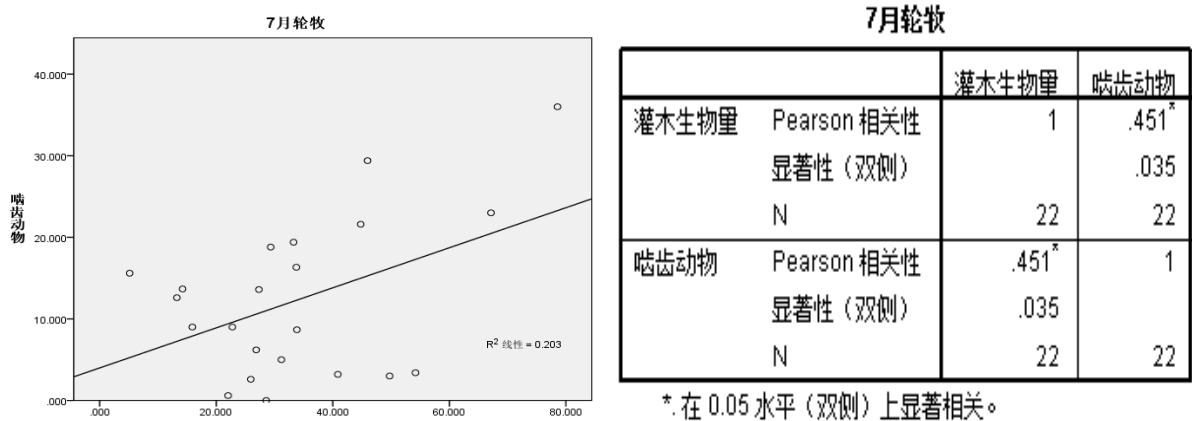


图 15. 7 月份轮牧灌木生物量和啮齿类动物生物量相关性分析

在轮牧干扰生境下，秋季灌木植物生物量和啮齿类动物量呈现负相关关系，Pearson 值为  $P = -0.009$ ，但是两者相关性不显著。

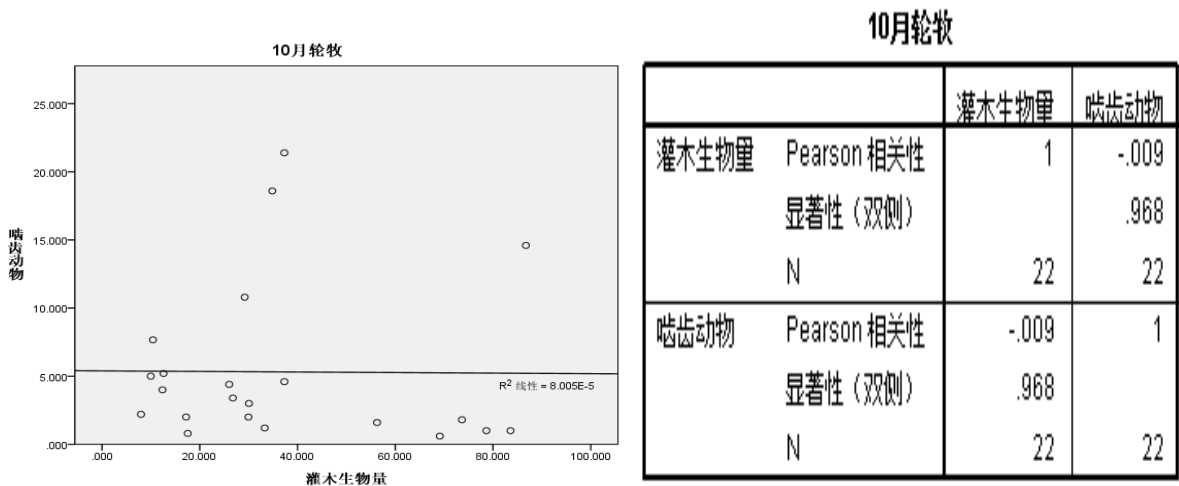


图 16.10 月份轮牧灌木生物量和啮齿类动物生物量相关性分析

**模型一总结：**

- 1、不同干扰下植物地上生物量变化趋势：
  - (1) 人为干扰下植物地上生物量变化趋势：
    - 过牧相对于轮牧：夏季，地上植物生物量下降；秋季，地上植物生物量上升。
  - (2) 自然干扰下植物地上生物量变化趋势：
    - 过牧时，夏季地上植物生物量要高于秋季地上植物生物量；轮牧时，秋季地上植物生物量要高于夏季地上植物生物量。
- 2、不同干扰下啮齿动物生物量变化趋势：
  - (1) 人为干扰下啮齿动物生物量变化趋势：
    - 轮牧相对于过牧，啮齿类动物生物量增加。
  - (2) 自然干扰下啮齿动物群落生物量变化趋势：
    - 秋季相对于夏季，三种啮齿类动物优势种生物量减少
- 3、不同干扰情况下植物地上生物量与啮齿动物生物量间变化关系：
  - 草本地上生物量与啮齿动物群落生物量有较强的相关性，在轮牧、过牧生境中均呈



负相关作用。

灌木地上生物量与啮齿动物群落生物量有较强的相关性，在轮牧、过牧生境中均呈正相关作用。

从动物群落与植物群落的相关性可以看出，不同干扰方式下啮齿动物群落变量与植物群落变量间的关系均不同。我们发现子午沙鼠植物因子变量明显的相关性，其它各种干扰方式下无论在线路样地还是在标志样地均有与植物群落变量的相关性。子午沙鼠是荒漠生境的优势鼠种，由于受到人为干扰的作用，其数量和生物量大小有所改变，但与植物群落关系突出。

季节变化特征均表现为轮牧区和过牧区较为相似。

轮牧区、过牧区无论在线路样地还是在标志样地均表现为子午沙鼠与植物群落的灌木和草本有显著相关关系。不同干扰方式下子午沙鼠均有与植物群落变量显著的相关性，能够适应不同的干扰生境。

## 模型二：

模型二问题是啮齿动物群落稳定性的研究，揭示干扰对于啮齿动物群落的影响机制。使用多元线性回归分析，通过多变量回归分析，得到动植物因子和干扰之间的显著关系和相关性。我们得出变量之间关系后通过 SPSS19.0 进行主成分分析进行验证并总结出干扰对啮齿动物群落影响机制。

### 1、多元线性回归模型

基础模型为前述多元线性回归模型，考虑不同干扰因素下动物生物量和植物因子的回归分析。

### 2、主成分分析模型：

数据标准化变化：

$$z_{jk} = \frac{x_{jk} - \bar{x}_j}{s_j},$$

$$\text{其中 } \bar{x}_j = \frac{\sum_{k=1}^n x_{jk}}{n}, s_j^2 = \frac{\sum_{k=1}^n (x_{jk} - \bar{x}_j)^2}{n-1},$$

相关系数矩阵：

$$R = [r_{ij}]_m \quad xm = \frac{Z^T Z}{n-1},$$

$$\text{其中 } r_{ij} = \frac{\sum z_{jp} z_{pk}}{n-1},$$

$$\frac{\sum_{j=1}^w \lambda_j}{\sum_{j=1}^m \lambda_j} \geq 0.85$$

根据相关矩阵特征方程： $|R - \lambda I_m| = 0$  确定主成分，按定 w 值，使信息利用率达 0.85 以上，标准化后的指标变量转化为主成分：

$$U_{jk} = z_j^T b_j^o$$

主成分综合评价：对各个主成分进行加权求和，即得最终评价值，权数为每个主成分的方差贡献率。

模型求解：  
干扰对啮齿动物稳定性影响：  
3、模型求解

根据预处理后的数据，绘制出一系列动植物因子与干扰生境的关系图像，然后通过分析所绘制的图像得出各个成分之间的相关性和显著关系。

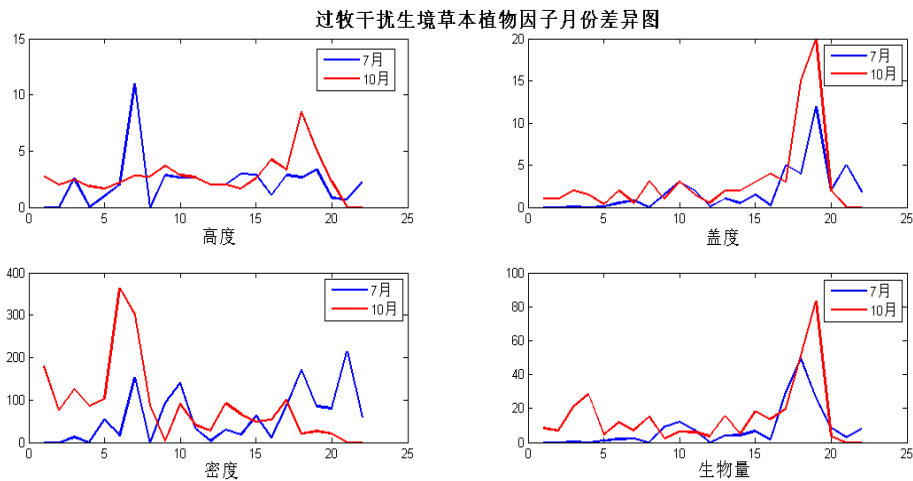


图 17.过牧干扰生境草本植物因子随季节变化关系

3.2 过牧干扰生境灌木植物因子随季节变化关系

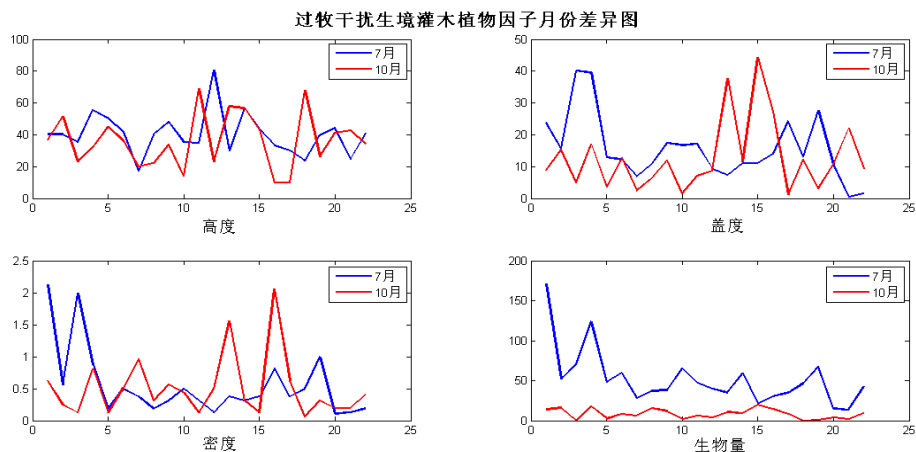


图 18. 过牧干扰生境灌木植物因子随季节变化关系

3.3 轮牧干扰生境草本植物因子随季节变化关系

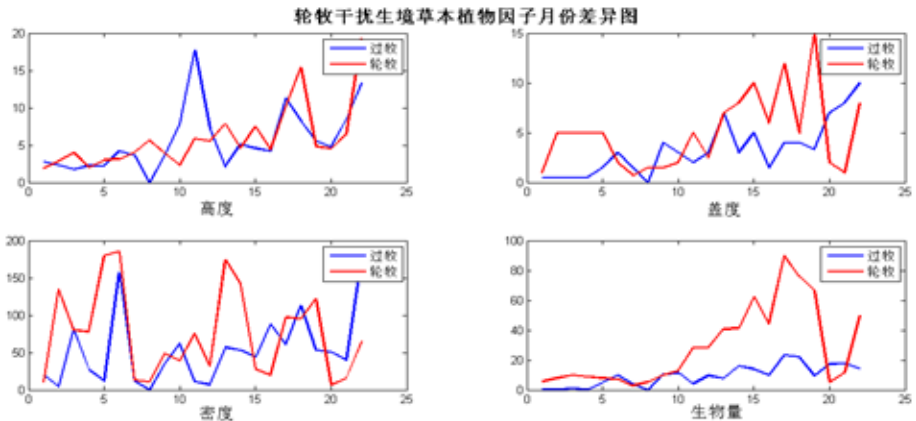


图 19.轮牧干扰生境中草本植物因子随季节变化关系

3.4 轮牧干扰生境灌木植物因子随季节变化关系

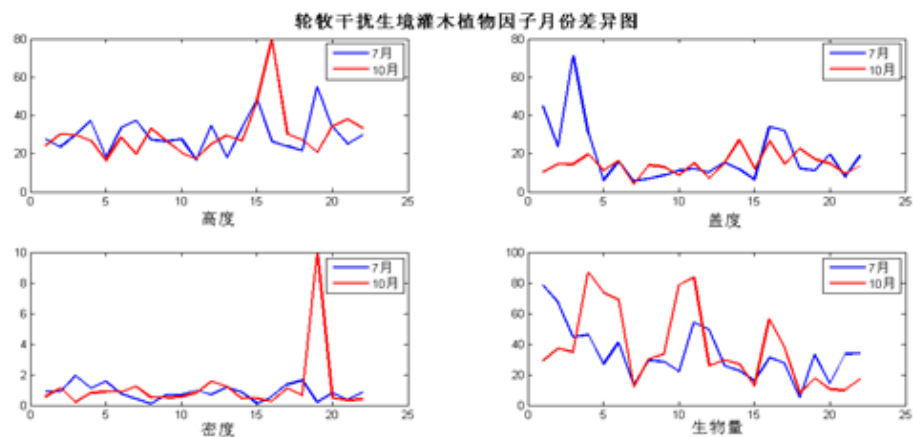


图 20. 轮牧干扰生境灌木植物因子随季节变化关系

3.5 夏季草本植物因子随干扰生境差异关系

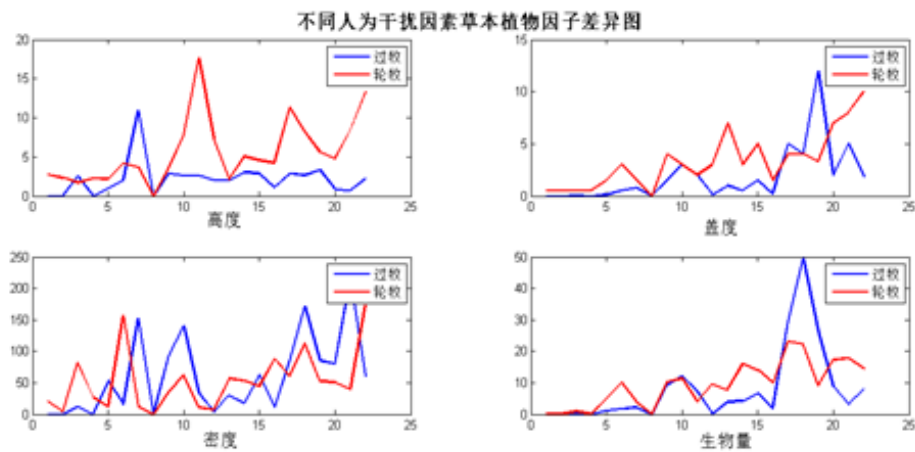


图 21.夏季草本植物因子随干扰生境差异关系

3.6 夏季灌木植物因子随干扰生境差异关系

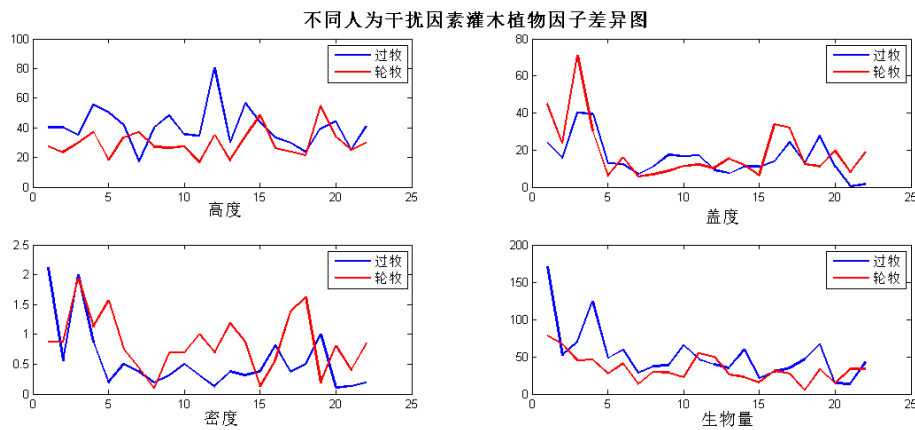


图 22.夏季灌木植物因子随干扰生境差异关系

3.7 秋季草本植物因子随干扰生境差异关系

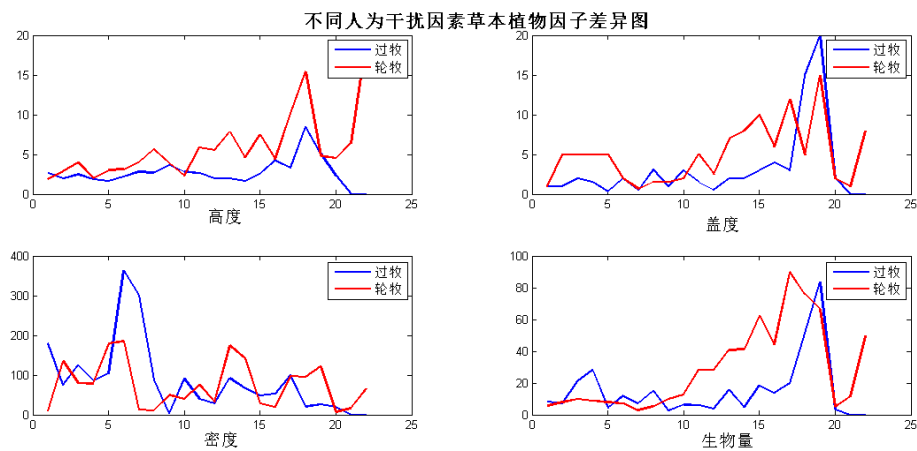


图 23.秋季草本植物因子随干扰生境差异关系

3.8 秋季灌木植物因子随干扰生境差异关系

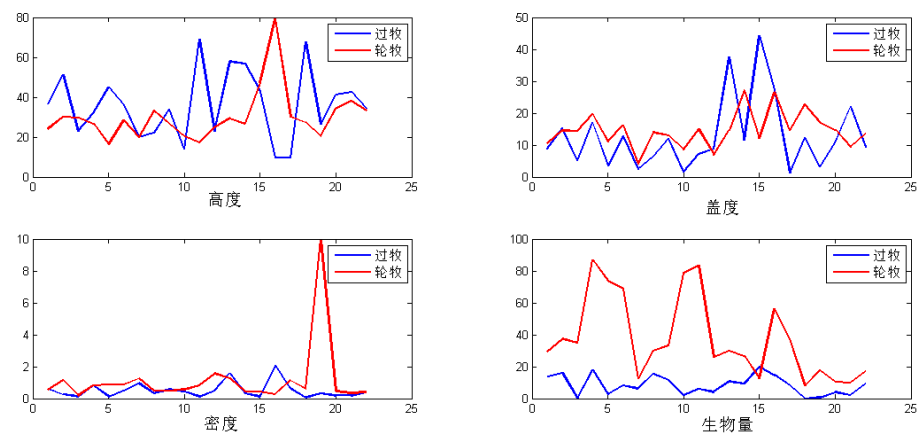


图 24.秋季灌木植物因子随干扰生境差异关系

3.9、各成分干扰性分析。

各种啮齿动物都有其特定的栖息地，即每一种啮齿动物都与一定的植物因子相联系<sup>[4]</sup>。同域分布的物种虽在生境利用有部分重叠，但在长期的进化过程中，它们对微生境的利用方面会发生显著的分离，从而达到相互适应、长期共存的结果。

分析动植物群落之间的相关性，在每种干扰类型中动物群落变量组由灌木的高度、盖度、密度和地上生物量以及草本植物高度、盖度、密度和地上生物量，动物群落丰富度（捕获率比例）构成，进行两组变量整体之间相关性分析。由此方法绘制相关性表格如下：

表 2.变量两两相关性分析

相关性

月份	生境	成分	三趾跳鼠	子午沙鼠	小毛足鼠	啮齿类动物
7 月	过牧	草本高度	-0.113	-0.38	-0.315	-0.344
		草本盖度	-0.238	-0.185	-0.168	-0.215
		草本密度	-0.213	-0.127	-0.332	-0.282

10 月		草本生物量	-0.34	-0.351	-0.198	-0.316
		灌木高度	-0.038	0.004	0.106	0.054
		灌木盖度	0.05	0.194	.779**	.525*
		灌木密度	0.105	0.299	.688**	.524*
		灌木生物量	0.131	0.363	.652**	.533*
		三趾跳鼠	1	.680**	0.383	.686**
		子午沙鼠	.680**	1	.691**	.910**
		小毛足鼠	0.383	.691**	1	.906**
	轮牧	草本高度	0.025	-0.276	-0.405	-0.323
		草本盖度	-0.313	-0.184	-.437*	-0.356
		草本密度	-0.039	-0.229	-0.174	-0.23
		草本生物量	0.146	-0.333	-.510*	-0.366
		灌木高度	0.295	0.084	0.172	0.194
		灌木盖度	-0.075	.502*	.523*	.509*
		灌木密度	-0.111	0.094	0.169	0.093
		灌木生物量	-0.215	.517*	.423*	.451*
		三趾跳鼠	1	-0.062	0.184	0.279
	过牧	子午沙鼠	-0.062	1	.659**	.912**
		小毛足鼠	0.184	.659**	1	.846**
		草本高度	-0.216	-0.069	-.478*	-0.326
		草本盖度	-0.275	-0.095	-0.318	-0.298
		草本密度	.504*	0.364	-0.313	0.262
		草本生物量	-0.118	0.091	-0.35	-0.156
		灌木高度	-0.072	-0.106	0.15	-0.018
		灌木盖度	-0.255	-0.171	-0.014	-0.198
		灌木密度	-0.105	0.001	-0.195	-0.127
	轮牧	灌木生物量	0.293	0.289	0.157	0.329
		三趾跳鼠	1	.797**	0.112	.858**
		子午沙鼠	.797**	1	0.127	.869**
		小毛足鼠	0.112	0.127	1	.524*
		草本高度	0.21	-0.299	-0.33	-0.295
		草本盖度	0.167	-0.109	-0.219	-0.1
		草本密度	-0.084	0.001	-0.371	-0.041
		草本生物量	.437*	-0.375	-0.288	-0.333
		灌木高度	0.176	-0.054	0.21	-0.01
		灌木盖度	0.16	-0.039	-0.206	-0.029
		灌木密度	-0.076	-0.138	-0.211	-0.17
		灌木生物量	-.450*	0.06	0.057	-0.009
		三趾跳鼠	1	-0.41	0.248	-0.236

	子午沙鼠	-0.41	1	0.347	.981**
	小毛足鼠	0.248	0.347	1	.469*

\*\*、在 .01 水平（双侧）上显著相关。\*、在 0.05 水平（双侧）上显著相关。

通过分析此相关性表格，我们可以得出动物群落变量与植物变量的典型相关性分析，在表现程度上通过显著水平得到动物群落变量与草本植物变量最为突出。

### pearson 及 spearman 秩相关系数检验：

#### （1）七月过牧：

小毛足鼠生物量与灌木的盖度、密度和生物量成显著正相关关系，三趾跳鼠生物量与子午沙鼠生物量成显著正相关关系；啮齿动物群落生物量随灌木盖度，密度及生物量成显著正相关关系，其与啮齿动物三种优势种成显著正相关关系。夏季过牧破坏了草本植物及灌木，使草本、灌木的植物因子减少，破坏了啮齿动物主要栖息地，使啮齿动物群落生物量减少，其中影响最严重的是小毛足鼠，其数量随灌木植因子减少而显著减少，啮齿动物群落稳定性减少。

#### （2）七月轮牧：

子午沙鼠生物量与灌木盖度及生物量成显著正相关关系，小毛足鼠生物、量与子午沙鼠生物量成显著正相关关系，小毛足鼠与草本盖度及生物量成显著负相关关系，其与灌木盖度及生物量成显著正相关关系；啮齿动物群落生物量随灌木盖度及生物量成显著正相关关系，其与子午沙鼠及小毛足鼠生物量成显著正相关关系。夏季轮牧保护了草本及灌木，灌木植物因子增大，从而保护了啮齿动物主要栖息地，使得啮齿类动物群落生物量上升，啮齿动物群落生物量变化主要由子午沙鼠及小毛足鼠生物量变化决定，其中子午沙鼠生物量随灌木盖度及生物量显著上升，但草本、灌木可能会引来小毛足鼠及三趾跳鼠的天敌，引起小毛足鼠及三趾跳鼠生物量的减少，但啮齿类动物群落生物量上升，物种丰富度增加，啮齿动物群落稳定性减少。

#### （3）十月过牧：

三趾跳鼠生物量与草本密度呈显著正相关关系，其与子午沙鼠生物量成显著正相关关系，子午沙鼠生物量与三趾跳鼠生物量成显著正相关关系，小毛足鼠生物量与草本高度成显著负相关关系；啮齿动物群落生物量随草本及灌木植物因子成负相关关系。秋季过牧使草本、灌木植物因子减少，即破坏了啮齿动物栖息地，同时，秋季到来，气候更加干旱寒冷，使啮齿动物食物来源减少，故啮齿动物生物量减少，其中三趾跳鼠随草本密度减少而显著减少，啮齿动物隐蔽性减弱，易被天敌捕食，故啮齿动物群落生物量减少，稳定性下降。

#### （4）十月轮牧：

三趾跳鼠生物量与草本生物量成显著正相关关系，其与灌木生物量成显著负相关关系；啮齿动物群落随草本及灌木生物量植物因子成负相关关系，其与子午沙鼠及小毛足鼠生物量成显著正相关关系。秋季轮牧保护草本、灌木，使草本及灌木各植物因子增加，但草本及灌木增多，引来了三趾跳鼠与小毛足鼠的天敌，使得三趾跳鼠与小毛足鼠生物量的减少。

然后应用逐步多元线性回归，定量分析各影响因子对啮齿类群落稳定性关系，并探讨影响机制：

#### （一）七月过牧：

- 1、小毛足鼠生物量与草本盖度线性回归且正相关，意味着草本盖度决定啮齿类生物隐蔽性强弱，过牧使灌木盖度减少。

- 2、子午沙鼠生物量与小毛足鼠生物量，三趾跳鼠生物量线性回归且正相关，且其与草本盖度线性回归且负相关，意味着三种啮齿类动物优势种种间竞争不显著且三者栖息地相同，草本盖度决定啮齿类动物隐蔽性强弱，过牧使草本盖度减少，子午沙鼠生物量减少。

(二) 七月轮牧：

- 1、小毛足鼠与子午沙鼠线性回归且正相关，意味着二者栖息地相同且种间竞争不显著。
- 2、啮齿类动物群落生物量与草本盖度线性回归且正相关，意味着草本盖度决定啮齿类生物主要栖息地的大小，轮牧保护了草本，使草本盖度增加，有利于啮齿类动物群落增加。

(三) 十月过牧：

- 1、三趾跳鼠生物量与子午沙鼠生物量线性回归且正相关，意味着二者栖息地相同且种间竞争不显著。
- 2、小毛足鼠与草本密度线性回归且正相关，意味着草本盖度决定啮齿类动物隐蔽性，过牧及气候变寒冷干燥使草本盖度变低，啮齿类动物群落隐蔽性下降，啮齿类动物更易被天敌捕食。

(四) 十月轮牧：

- 1、三趾跳鼠生物量，小毛足鼠生物量与灌木密度线性回归且负相关，意味着灌木密度增加会引来更多三趾跳鼠天敌，使得三趾跳鼠生物量减少。

最后我们对夏季过牧干扰生境下主成分分析<sup>[4]</sup>，我们使用 SPSS19.0 绘制表格并且比较成分的重要性。

一、7 月份过牧干扰生境主成分分析：

表 3. 7 月份过牧干扰生境主成分分析---解释的总方差

成份	初始特征值			提取平方和载入		
	合计	方差的 %	累积 %	合计	方差的 %	累积 %
1	2.659	33.232	33.232	2.659	33.232	33.232
2	1.625	20.310	53.542	1.625	20.310	53.542
3	1.473	18.417	71.959	1.473	18.417	71.959
4	.928	11.602	83.561	.928	11.602	83.561
5	.555	6.935	90.495	.555	6.935	90.495
6	.391	4.893	95.389	.391	4.893	95.389
7	.283	3.536	98.925	.283	3.536	98.925
8	.086	1.075	100.000	.086	1.075	100.000

表4. 7月份过牧干扰生境主成分分析---成分矩阵

	成分矩阵 <sup>a</sup>							
	成分							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Zscore(草本高度)	-.366	-.116	-.441	.774	-.084	.218	.046	.043
Zscore(草本盖度)	.924	.021	-.183	.068	.109	.212	.106	-.202
Zscore(草本密度)	.497	.669	.263	.134	-.363	-.085	.274	.061

Zscore(草本生物 量)	.862	-.254	-.118	-.216	-.050	.300	-.099	.174
Zscore(灌木高度)	.174	-.816	.368	.121	.206	-.118	.308	.045
Zscore(灌木盖度)	.590	-.238	.509	.432	-.158	-.187	-.297	-.031
Zscore(灌木密度)	.541	.304	-.586	.155	.366	-.329	-.025	.068
Zscore(灌木生物 量)	-.107	.532	.651	.184	.447	.212	-.032	.039

从SPSS所做图表中可以看出，取前四成分作为主成分，夏季过牧影响啮齿动物稳定性的主要因素为草本盖度，草本生物量，灌木高度及灌木生物量，与相关性分析得到结果相同。

## 二、7月份轮牧干扰生境主成分分析：

表5. 7月份轮牧干扰生境主成分分析——解释的总方差及成分矩阵

解释的总方差

成份	初始特征值			提取平方和载入		
	合计	方差的 %	累积 %	合计	方差的 %	累积 %
1	2.659	33.232	33.232	2.659	33.232	33.232
2	1.625	20.310	53.542	1.625	20.310	53.542
3	1.473	18.417	71.959	1.473	18.417	71.959
4	.928	11.602	83.561	.928	11.602	83.561
5	.555	6.935	90.495	.555	6.935	90.495
6	.391	4.893	95.389	.391	4.893	95.389
7	.283	3.536	98.925	.283	3.536	98.925
8	.086	1.075	100.000	.086	1.075	100.000

成份矩阵<sup>a</sup>

	成份							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Zscore(草本高度)	-.366	-.116	-.441	.774	-.084	.218	.046	.043
Zscore(草本盖度)	.924	.021	-.183	.068	.109	.212	.106	-.202
Zscore(草本密度)	.497	.669	.263	.134	-.363	-.085	.274	.061
Zscore(草本生物 量)	.862	-.254	-.118	-.216	-.050	.300	-.099	.174
Zscore(灌木高度)	.174	-.816	.368	.121	.206	-.118	.308	.045
Zscore(灌木盖度)	.590	-.238	.509	.432	-.158	-.187	-.297	-.031
Zscore(灌木密度)	.541	.304	-.586	.155	.366	-.329	-.025	.068
Zscore(灌木生物 量)	-.107	.532	.651	.184	.447	.212	-.032	.039

从SPSS所做图表中可以看出，取前四成分作为主成分，夏季轮牧影响啮齿类动物稳定性的主要因素是草本盖度，草本生物量，灌木高度，与相关性分析得到结果相同。



## 三、10月份过牧干扰生境主成分分析：

表6. 10月份过牧干扰生境主成分分析——解释的总方差及成分矩阵

解释的总方差						
成份	初始特征值			提取平方和载入		
	合计	方差的 %	累积 %	合计	方差的 %	累积 %
1	2.659	33.232	33.232	2.659	33.232	33.232
2	1.625	20.310	53.542	1.625	20.310	53.542
3	1.473	18.417	71.959	1.473	18.417	71.959
4	.928	11.602	83.561	.928	11.602	83.561
5	.555	6.935	90.495	.555	6.935	90.495
6	.391	4.893	95.389	.391	4.893	95.389
7	.283	3.536	98.925	.283	3.536	98.925
8	.086	1.075	100.000	.086	1.075	100.000

成份矩阵 <sup>a</sup>								
	成份							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Zscore(草本高度)	-.366	-.116	-.441	.774	-.084	.218	.046	.043
Zscore(草本盖度)	.924	.021	-.183	.068	.109	.212	.106	-.202
Zscore(草本密度)	.497	.669	.263	.134	-.363	-.085	.274	.061
Zscore(草本生物 量)	.862	-.254	-.118	-.216	-.050	.300	-.099	.174
Zscore(灌木高度)	.174	-.816	.368	.121	.206	-.118	.308	.045
Zscore(灌木盖度)	.590	-.238	.509	.432	-.158	-.187	-.297	-.031
Zscore(灌木密度)	.541	.304	-.586	.155	.366	-.329	-.025	.068
Zscore(灌木生物 量)	-.107	.532	.651	.184	.447	.212	-.032	.039

从SPSS所做图表中可以看出，取前四成分作为主成分，冬季过牧影响啮齿类动物稳定性的主要因素是草本盖度，草本生物量，灌木高度，与相关性分析得到结果相同。

## 四、10月份轮牧干扰生境主成分分析：

表7. 10月份轮牧干扰生境主成分分析——解释的总方差及成分矩阵

解释的总方差						
成份	初始特征值			提取平方和载入		
	合计	方差的 %	累积 %	合计	方差的 %	累积 %
1	2.828	35.355	35.355	2.828	35.355	35.355

2	1.769	22.118	57.473	1.769	22.118	57.473
3	1.427	17.840	75.313	1.427	17.840	75.313
4	.902	11.279	86.592	.902	11.279	86.592
5	.492	6.149	92.741	.492	6.149	92.741
6	.297	3.718	96.459	.297	3.718	96.459
7	.191	2.392	98.851	.191	2.392	98.851
8	.092	1.149	100.000	.092	1.149	100.000

成份矩阵<sup>a</sup>

	成份							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Zscore(草本高度)	.617	-.449	-.195	-.549	.076	-.095	.243	-.061
Zscore(草本盖度)	.900	.245	-.037	.152	.183	.119	-.134	-.202
Zscore(草本密度)	.344	.745	.171	-.365	-.278	.283	.065	.050
Zscore(草本生物量)	.927	-.132	-.048	-.080	.221	-.019	-.155	.204
Zscore(灌木高度)	.229	-.603	.594	.361	.043	.274	.153	.024
Zscore(灌木盖度)	.539	.050	.713	.060	-.308	-.315	-.031	-.022
Zscore(灌木密度)	.469	.468	-.449	.542	-.032	-.107	.226	.047
Zscore(灌木生物量)	-.313	.591	.542	-.104	.478	-.092	.104	.008

从SPSS所做图表中可以看出，取前四成分作为主成分，秋季轮牧影响啮齿类动物稳定性的主要因素是草本盖度，草本密度，灌木高度，与相关性分析得到结果相同。轮牧区动物群落第一典型变量主要是与草本的关系突出，动物群落第二典型变量主要是与灌木的关系突出；过牧区动物群落第一典型变量既与灌木的关系突出，也与草本的关系突出，动物群落第二典型变量主要与灌木的关系突出。

## 五、影响机制探讨：

根据相关性分析、逐步多元线性回归及主成分分析，我们从中总结出干扰对于啮齿动物群落稳定性影响机制：

### 1、人为干扰影响机制：

#### （1）过牧影响机制：

过牧使得草本盖度显著下降，草本盖度下降则啮齿动物栖息地隐蔽性下降<sup>[5]</sup>，会使啮齿动物更容易暴露在捕食者的视线之内，增加它们活动时遭遇的频度而遭捕食而下降。

由于放牧强度的增大，过牧使得啮齿动物栖息地质量变差<sup>[5]</sup>，啮齿动物群落生物量由于食物资源缺乏而下降。

过牧时，啮齿动物生物量与草本植物生物量成负相关关系，尤其在秋季，草本植物生物量上升，啮齿动物生物量下降，这是由于草本过于茂密，影响了啮齿动物的活动，使啮齿动物觅食难度增大，且更易被捕食。

#### （2）轮牧影响机制：

轮牧保护草本和灌木，草本盖度上升使啮齿动物栖息地隐蔽性上升，捕食者不易在啮齿动物栖息地附近发现啮齿动物，啮齿动物更易摆脱捕食者的追捕。同时，灌木密度的增加，会为啮齿动物的天敌提供更多的栖息地，增加了对啮齿动物的捕食概率，故增加啮齿动物群落多样性与稳定性。

## 2、自然干扰影响机制：

秋季相对于夏季，气候变寒冷干燥，啮齿动物食物来源减少，啮齿动物群落生物量减少，故稳定性下降。

### 模型二总结：

通过多元线性回归和主成分分析我们得到荒漠生态系统中的各种干扰条件下，草本的特性，特别是草本的盖度和灌木的密度对啮齿动物群落格局及其动态变化起到关键作用<sup>[7]</sup>，放牧通过改变隐蔽和食物资源以及天敌的威胁间接的影响了啮齿动物的丰富度（捕获率），啮齿动物依赖于生境中的隐蔽场所，取决于草本的盖度，而这些生境为其提供保护以躲避天敌的捕食，而且常会减少它们的觅食投入。然而灌木的密度又利于啮齿动物逃脱啮齿动物天敌的捕食，广阔的空地通常伴随着较高的捕食危险。

过牧和轮牧区的啮齿动物群落多样性主要是由放牧改变栖息地复杂性引起的<sup>[2]</sup>。减少放牧强度将有利于啮齿动物群落多样性的增加。由于啮齿动物多样性并未对灌木的高度、盖度做出显著响应，表明灌木结构的复杂性对多样性的影响并不显著。

荒漠啮齿动物作为消费者是陆地生态系统的重要组成部分。不同干扰引起了草地植物群落特征和生产力的巨大改变，进而改变了啮齿动物栖息地质量和环境资源，继而对啮齿动物群落结构动态和演替产生巨大的影响，影响程度根据放牧干扰和干扰方式而定。干扰对啮齿动物群落的影响主要表现在群落结构、生物量和多样性等方面。国内外一些研究也表明，放牧和开垦对啮齿动物群落结构有显著的影响；过度放牧干扰导致栖息地质量变差，从而间接影响草地所能提供给啮齿动物食物量。

动物群落变量与植物群落变量中的草本关系最为突出，通过相关性分析和动植物生物量随着干扰的变化，我们可以得出啮齿动物群落变量与草本植物盖度和地上生物量呈负相关关系。这说明荒漠生态系统中，在过牧和轮牧两种干扰条件下，草本的特性，特别是草本的盖度和地上生物量对啮齿动物群落格局及其动态变化起到关键作用，其值越大，啮齿动物群落组成种的丰富度和生物量就越小。就同一种干扰条件下的重复项不同的情况看，动物群落和植物群落的相关性较突出的特点是：小毛足鼠和三趾跳鼠与植物因子相关性显著，且均与草本植物呈负相关关系。

小毛足鼠对轮牧干扰表现出较明显的适应性，三趾跳鼠对过度放牧干扰表现出较明显的适应性；而且小毛足鼠和三趾跳鼠的数量动态在一定程度上对发生在阿拉善荒漠生态系统中的放牧干扰强度有一定的指示作用。

过牧别于轮牧可以明显降低其栖息地生境中植物的盖度，会使其更容易暴露在捕食者的视线之内，增加它们活动时遭遇的频度而遭捕食。

放牧干扰对植物群落有各种直接和间接的影响并且可以间接地控制生态系统的形式和功能。这些作用使啮齿动物的资源发生变化，啮齿动物群落由不同数量的物种种群组成，它们共同生存于同一群落中，又都具有不同相似程度的资源需求，所以当资源发生变化的时候，不同资源与啮齿动物的生物量关系也会随之变化。轮牧干扰显示灌木地

上生物量与啮齿动物生物量均匀性指数的相关系数，草本地上生物量与啮齿动物生物量、生物量多样性指数的相关系数均较大。说明彼此间相关性大，但并不显著。在不同放牧强度的研究中发现适度放牧对植物生产力的影响并不显著相一致，与轮牧干扰可以维持稳定的植物（灌木和草本）生物量正好吻合，是啮齿动物与植物相适应的体现。过牧干扰下随着草本生物量的增加啮齿动物生物量显著减少，草本生物量的减少反而会使啮齿动物生物量显著增加，刘伟等在不同放牧强度的研究中也发现过牧干扰导致草地生产力的大幅度锐减，与过牧干扰可能导致啮齿动物增多有关。开垦干扰直接改变了景观的物理特征，同时也较大程度地改变了荒漠景观的生态过程，异质化程度减少，同质化程度增加，可以看作是对生态过程的再调节。在开垦干扰发生过程中，一些原来已经适应了荒漠生态环境的啮齿动物种群，由于人类活动的干预，重新发生了变化。

## 七、模型评价与改进

本文充分考虑到干扰的多样性，故采用多种检验方法——F 检验、t 检验等显著性检验方法，得出不同干扰下，植物地上生物量和啮齿动物生物量的变化趋势，并发现草本植物生物量与啮齿动物呈正相关，灌木植物生物量与啮齿动物呈负相关。

考虑到影响因子间的相互作用，通过 pearson 相关系数检验及 spearman 秩相关系数检验等检验相关分析的方法进行定性分析，然后进行逐项线性回归分析定量进行稳定性分析以及应用主成分分析进行验证，并总结出干扰对于啮齿动物群落的影响机制——干扰通过影响草本盖度，灌木密度和栖息地质量来影响啮齿动物栖息地隐蔽性，天敌数量和食物质量来影响啮齿动物群落的稳定。同时，检验方法多样，使结果具备普遍性与典型性。

本模型将干扰根据人为因素进行区分，将各影响因素进行相关检验和显著性检验，选出显著影响的因素，减少模型自变量个数，降低建模难度，使问题得以简化，并最大化地利用了题目所给数据，使结果更加合理。最后，本模型就干扰对于啮齿动物群落稳定性影响机制对该地区进行农牧业活动提出合理化建议，使模型更贴近于生活。但本模型未充分考虑 22 个重复项的时空差异，仅仅给出定性分析，不过给下一步做定量分析做好了铺垫。

## 参考文献

- [1]袁帅, 荒漠区啮齿动物群落及其优势种对不同干扰的响应机制, 2013;
- [2]付和平, 不同干扰和尺度下荒漠啮齿动物群落研究, 2006;
- [3]武晓东, 阿娟, 付和平, 人为不同干扰条件下荒漠啮齿动物群落格局的动态特征——动物与植物群落的典型相关分析, 生态学报, 2008, 28(12), 2008;
- [4]张福顺, 不同干扰条件下荒漠啮齿动物种群和群落动态研究, 2011;
- [5]杨泽龙, 阿拉善荒漠区啮齿动物群落格局干扰效应的多尺度研究, 2005;
- [6]韩艳静, 张福顺, 袁帅, 过牧下阿拉善荒漠啮齿动物优势种与植物因子的关系, 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2012年3期, 2012;
- [7]王利清, 武晓东, 付和平, 不同干扰方式对荒漠植物与啮齿动物群落的作用, 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2006年3期, 2006;
- [8]张晓东, 人为干扰后荒漠破碎化生境中啮齿动物集合种群研究, 2013;
- [9]王利清, 不同干扰下荒漠啮齿动物群落组成种数量和生物量格局——动态特征及其敏感性分析, 2009;
- [10]付和平, 内蒙古阿拉善荒漠区啮齿动物分布及群落结构的研究, 2001;
- [11]乌云嘎, 荒漠区不同干扰生境中啮齿动物群落与环境因子的关系, 2014;

## 附录 I 给市领导的一封信

尊敬政府工作人员：

您好！

荒漠化是全球关注的重大环境问题之一，也是我国当前最为严重的生态环境问题之一。荒漠化不仅危害到生物生存的生态环境，而且威胁到人类资源环境和社会经济的持续发展。

荒漠生态系统的保护和恢复工作能否做好，将直接关系到我国的生态环境质量。所以研究荒漠生态系统中动、植物群落特征及其相互关系，对建设健康的生态系统具有重要的现实意义。

观点：

增加放牧强度虽然短时间内会增加生产力水平，但“焚林而田，竭泽而渔”并非长久之计，通过研究农牧业活动对于啮齿动物稳定性研究。我发现，过牧会通过使栖息地质量变差，从而减少了啮齿动物食物资源，同时，过牧会使草本植物因子下降，啮齿动物栖息地隐蔽性变差，而且灌木密度会下降，同样会使啮齿动物栖息地隐蔽性变差，故啮齿动物生物量下降，其稳定性下降，我们知道，啮齿动物群落是荒漠生态系统食物链上必不可少的消费者，对荒漠的利用与保护有至关重要作用。啮齿动物稳定性的下降会使各类资源改变和生态系统结构的重组，进而栖息地破碎化过程发生，荒漠生态系统被破坏。

科学发展观告诉我们“第一要义是发展”，“基本要求全面协调可持续，根本方法是统筹兼顾。”在保护环境的同时，我们要大力发展，最大程度地利用土地资源就是要科学放牧，从研究数据中可以得出，贵地生物群落空间分布不均匀，我们应对该荒漠划分区域分别制定不同的放牧策略，有些地方植被少，群落稳定性差，应减少放牧强度，有些地方植被丰富，可维持原放牧强度，总之，各区域放牧强度要控制在轮牧强度范围内。

主张：

将啮齿动物稳定性作为该荒漠区域生态系统稳定性指标，我们把啮齿动物优势种百夹捕获率、草本植物植物因子和灌木植物因子作为啮齿动物群体稳定性的指标，通过逐步多元线性回归分析，可以定量得到啮齿动物生物量及其因素回归关系，我们就能通过采样上述影响因子进行稳定性评估，进而得以评估放牧强度。

在干扰生境的选择中尽量选择轮牧生境，轮牧生境中系统生产力较高，有利于动植物群落的抵抗外界的干扰，具有较高的稳定性。在季节选择中，夏季植物生物量较大，生产力较大，具有较高的稳定性，可以适当提高放牧的强度。

\*\*大学在校学生

2015 年 4 月 19 日

附录 II 多元线性逐步回归系数表

	7 月								10 月							
	过牧				轮牧				过牧				轮牧			
	y9	y10	y11	y12	y9	y10	y11	y12	y9	y10	y11	y12	y9	y10	y11	y12
$\beta_1$											-0.478					
t											-2.432					
sig											0.025					
$\beta_2$					-0.852											1.042
t					-2.598											1.983
sig					0.025											0.049
$\beta_3$																
t																
sig																
$\beta_4$																
t																
sig																
$\beta_5$												-0.561				
t												-1.92				
sig												0.047				
$\beta_6$		-0.7	0.671					0.509								
t		-4.163	9.596					2.647								
sig		0.001	0					0.95								
$\beta_7$																
t																
sig																
$\beta_8$				0.533									-0.45	-0.811	0.727	
t				2.815									-2.252	-3.237	2.801	
sig				0.011									0.036	0.008	0.017	
$\beta_9$		0.484												-1.028	1.038	
t		2.484												-3.68	4.047	
sig		0.023												0.004	0.002	
$\beta_{10}$	0.68		0.567				0.659		0.797						0.661	
t	4.15		8.034				3.922		5.908						3.086	
sig	0		0				0.001		0						0.001	
$\beta_{11}$		1.128				0.659								0.702		
t		6.208				3.922								3.086		
sig		0				0.001								0.01		

## 附录III

%误差条形图绘图程序

```
clear all
clc
load guo7.txt
x=guo7.txt;
x= guo7;
load guo10.txt;
y=guo10;
load lun7.txt;
m=lun7;
load lun10.txt;
load lun10.txt;
n=lun10;
a=1:1:22;
subplot(2,2,1);errorbar(a,x(:,5));
subplot(2,2,2);errorbar(a,x(:,6));
subplot(2,2,3);errorbar(a,x(:,7));
subplot(2,2,4);errorbar(a,x(:,8));
```

%成分分析绘图程序

```
clear all
clc
load guo7.txt
x=guo7.txt;
x= guo7;
load guo10.txt;
y=guo10;
load lun7.txt;
m=lun7;
load lun10.txt;
load lun10.txt;
n=lun10;
a=1:1:22;
subplot(2,2,1);plot(a,x(:,1), m(:,1));
subplot(2,2,1);plot(a,x(:,2), m(:,2));
subplot(2,2,1);plot(a,x(:,3), m(:,3));
subplot(2,2,1);plot(a,x(:,4), m(:,4));
```

%成分分析绘图程序

```
clear all
clc
load guo7.txt
x=guo7.txt;
x= guo7;
load guo10.txt;
y=guo10;
load lun7.txt;
m=lun7;
load lun10.txt;
load lun10.txt;
n=lun10;
a=1:1:22;
subplot(2,2,1);plot(a,x(:,5), m(:,5));
subplot(2,2,1);plot(a,x(:,6), m(:,6));
subplot(2,2,1);plot(a,x(:,7), m(:,7));
subplot(2,2,1);plot(a,x(:,8), m(:,8));
```



```
%绘图程序
functioncreatefigure(X1, YMatrix1, YMatrix2, YMatrix3, YMatrix4)
%CREATEFIGURE(X1, YMATRIX1, YMATRIX2, YMATRIX3, YMATRIX4)
% X1: x 数据的矢量
% YMATRIX1: y 数据的矩阵
% YMATRIX2: y 数据的矩阵
% YMATRIX3: y 数据的矩阵
% YMATRIX4: y 数据的矩阵

% 由 MATLAB 于 19-Apr-2015 22:07:00 自动生成

% 创建 figure
figure1 = figure;

% 创建 axes
axes1 = axes('Parent',figure1,...
    'Position',[0.13 0.583837209302326 0.334659090909091 0.341162790697674]);
box(axes1,'on');
hold(axes1,'all');

% 使用 plot 的矩阵输入创建多行
plot1 = plot(X1,YMatrix1,'Parent',axes1,'LineWidth',2);
set(plot1(1),'DisplayName','过牧');
set(plot1(2),'Color',[1 0 0],'DisplayName','轮牧');

% 创建 axes
axes2 = axes('Parent',figure1,...
    'Position',[0.570340909090909 0.583837209302326 0.334659090909091
0.341162790697674]);
box(axes2,'on');
hold(axes2,'all');

% 使用 plot 的矩阵输入创建多行
plot2 = plot(X1,YMatrix2,'Parent',axes2,'LineWidth',2);
set(plot2(1),'DisplayName','过牧');
set(plot2(2),'Color',[1 0 0],'DisplayName','轮牧');

% 创建 axes
axes3 = axes('Parent',figure1,...
    'Position',[0.13 0.11 0.334659090909091 0.341162790697674]);
box(axes3,'on');
hold(axes3,'all');

% 使用 plot 的矩阵输入创建多行
plot3 = plot(X1,YMatrix3,'Parent',axes3,'LineWidth',2);
set(plot3(1),'DisplayName','过牧');
set(plot3(2),'Color',[1 0 0],'DisplayName','轮牧');

% 创建 axes
axes4 = axes('Parent',figure1,...
    'Position',[0.570340909090909 0.11 0.334659090909091 0.341162790697674]);
box(axes4,'on');
hold(axes4,'all');

% 创建 title
title({'不同人为干扰因素灌木植物因子差异图'},'FontWeight','demi','FontSize',16);
```

```
% 使用 plot 的矩阵输入创建多行
plot4 = plot(X1,YMatrix4,'Parent',axes4,'LineWidth',2);
set(plot4(1),'DisplayName','过牧');
set(plot4(2),'Color',[1 0 0],'DisplayName','轮牧');

% 创建 legend
legend(axes1,'show');

% 创建 legend
legend(axes2,'show');

% 创建 legend
legend(axes3,'show');

% 创建 legend
legend(axes4,'show');

% 创建 textbox
annotation(figure1,'textbox',...
    [0.27890625 0.494328875219538 0.05546875 0.0688259109311741],...
    'String',{'高度'},...
    'FontSize',14,...
    'LineStyle','none');

% 创建 textbox
annotation(figure1,'textbox',...
    [0.717968750000001 0.478035596197135 0.05546875 0.0688259109311741],...
    'String',{'盖度'},...
    'FontSize',14,...
    'LineStyle','none');

% 创建 textbox
annotation(figure1,'textbox',...
    [0.27578125 0.0157138039364427 0.05546875 0.0688259109311741],...
    'String',{'密度'},...
    'FontSize',14,...
    'LineStyle','none');

% 创建 textbox
annotation(figure1,'textbox',...
    [0.714843750000001 0.0136771440586423 0.07109375 0.0688259109311741],...
    'String',{'生物量'},...
    'FontSize',14,...
    'LineStyle','none');

%绘图程序

functioncreatefigure(X1, Y1, X2)
%CREATEFIGURE(X1, Y1, X2)
% X1: x 数据的矢量
% Y1: y 数据的矢量
% X2: x 数据的矢量

% 由 MATLAB 于 19-Apr-2015 22:10:33 自动生成

% 创建 figure
figure1 = figure;
```

```
% 创建 axes
axes1 = axes('Parent',figure1,...
    'Position',[0.13 0.11 0.334659090909091 0.815]);
box(axes1,'on');
hold(axes1,'all');

% 创建 plot
plot(X1,Y1,'Parent',axes1,'MarkerSize',8,'Marker','diamond','LineWidth',2,...
    'LineStyle','none',...
    'DisplayName','data1');

% 创建 title
title(' 植 物 生 物 量 与 啮 齿 类 动 物 优 势 种 百 夹 捕 获 率 关 系',
    'FontWeight','demi','FontSize',16);

% 创建 xlabel
xlabel('草本植物生物量');

% 创建 ylabel
ylabel('啮齿类动物优势种捕获率');

% 创建 axes
axes2 = axes('Parent',figure1,...
    'Position',[0.570340909090909 0.11 0.334659090909091 0.815]);
box(axes2,'on');
hold(axes2,'all');

% 创建 plot
plot(X2,Y1,'Parent',axes2,'MarkerSize',8,'Marker','diamond','LineWidth',2,...
    'LineStyle','none',...
    'Color',[1 0 0],...
    'DisplayName','data2');

% 创建 xlabel
xlabel('灌木植物生物量');

% 创建 ylabel
ylabel('啮齿类动物优势种捕获率');

%绘图程序
functioncreatefigure(Y1, E1, E2, E3, E4)
%CREATEFIGURE(Y1, E1, E2, E3, E4)
% Y1: errorbar y
% E1: errorbar e
% E2: errorbar e
% E3: errorbar e
% E4: errorbar e

% 由 MATLAB 于 19-Apr-2015 22:12:40 自动生成

% 创建 figure
figure1 = figure;

% 创建 axes
axes1 = axes('Parent',figure1,...
```

```

    'Position',[0.13 0.583837209302326 0.334659090909091 0.341162790697675]);
box(axes1,'on');
hold(axes1,'all');

% 创建 errorbar
errorbar(Y1,E1,'Color',[0 0 1],'Parent',axes1);

% 创建 axes
axes2 = axes('Parent',figure1,...
    'Position',[0.570340909090909 0.583837209302326 0.334659090909091
0.341162790697675]);
box(axes2,'on');
hold(axes2,'all');

% 创建 errorbar
errorbar(Y1,E2,'Color',[0 0 1],'Parent',axes2);

% 创建 axes
axes3 = axes('Parent',figure1,...
    'Position',[0.13 0.11 0.334659090909091 0.341162790697674]);
box(axes3,'on');
hold(axes3,'all');

% 创建 errorbar
errorbar(Y1,E3,'Color',[0 0 1],'Parent',axes3);

% 创建 title
title({'7月份过牧生境灌木植物因子误差条形图'],'FontWeight','demi','FontSize',16);

% 创建 axes
axes4 = axes('Parent',figure1,...
    'Position',[0.570340909090909 0.11 0.334659090909091 0.341162790697674]);
box(axes4,'on');
hold(axes4,'all');

% 创建 errorbar
errorbar(Y1,E4,'Color',[0 0 1],'Parent',axes4);

% 创建 textbox
annotation(figure1,'textbox',...
    [0.285892889824305 0.0377246963562755 0.046875 0.0480769230769231],...
    'String',{'密度'},...
    'FontSize',12,...
    'LineStyle','none');

% 创建 textbox
annotation(figure1,'textbox',...
    [0.717854364934115 0.0297894736842106 0.059375 0.0480769230769231],...
    'String',{'生物量'},...
    'FontSize',12,...
    'LineStyle','none');

% 创建 textbox
annotation(figure1,'textbox',...
    [0.725863607247438 0.499991902834008 0.046875 0.0480769230769231],...
    'String',{'盖度'},...
    'FontSize',12,...
    'LineStyle','none');

```

```
% 创建 textbox
annotation(figure1,'textbox',...
    [0.282183382137628 0.50404048582996 0.046875 0.0480769230769231],...
    'String',{'高度'},...
    'FontSize',12,...
    'LineStyle','none');

%绘图程序
functioncreatefigure(X1, YMatrix1, YMatrix2, YMatrix3)
%CREATEFIGURE(X1, YMATRIX1, YMATRIX2, YMATRIX3)
% X1: x 数据的矢量
% YMATRIX1: y 数据的矩阵
% YMATRIX2: y 数据的矩阵
% YMATRIX3: y 数据的矩阵

% 由 MATLAB 于 19-Apr-2015 22:15:54 自动生成

% 创建 figure
figure1 = figure;

% 创建 axes
axes1 = axes('Parent',figure1,...
    'XTick',[0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
25],...
    'Position',[0.13 0.11 0.213405797101449 0.815]);
box(axes1,'on');
hold(axes1,'all');

% 使用 plot 的矩阵输入创建多行
plot1 = plot(X1,YMatrix1,'Parent',axes1);
set(plot1(1),'Marker','x');
set(plot1(2),'Color',[1 0 0]);
set(plot1(4),'Color',[1 0 0]);
set(plot1(6),'Marker','diamond','Color',[1 0 0]);

% 创建 axes
axes2 = axes('Parent',figure1,...
    'Position',[0.410797101449275 0.11 0.213405797101449 0.815]);
box(axes2,'on');
hold(axes2,'all');

% 使用 plot 的矩阵输入创建多行
plot2 = plot(X1,YMatrix2,'Parent',axes2);
set(plot2(1),'Marker','x');
set(plot2(2),'Color',[1 0 0]);
set(plot2(4),'Color',[1 0 0]);
set(plot2(5),'Marker','x');
set(plot2(6),'Marker','diamond','Color',[1 0 0]);

% 创建 axes
axes3 = axes('Parent',figure1,...
    'Position',[0.691594202898551 0.11 0.213405797101449 0.815]);
box(axes3,'on');
hold(axes3,'all');

% 使用 plot 的矩阵输入创建多行
plot3 = plot(X1,YMatrix3,'Parent',axes3);
```

```

set(plot3(2),'Color',[1 0 0]);
set(plot3(4),'Color',[1 0 0]);
set(plot3(5),'Marker','x');
set(plot3(6),'Marker','diamond','Color',[1 0 0]);

%绘图程序:
%过牧干扰生境草本植物因子月份差异图
functioncreatefigure(X1, YMatrix1, YMatrix2, YMatrix3, YMatrix4)
%CREATEFIGURE(X1, YMATRIX1, YMATRIX2, YMATRIX3, YMATRIX4)
% X1: x 数据的矢量
% YMATRIX1: y 数据的矩阵
% YMATRIX2: y 数据的矩阵
% YMATRIX3: y 数据的矩阵
% YMATRIX4: y 数据的矩阵

% 由 MATLAB 于 18-Apr-2015 22:04:13 自动生成

% 创建 figure
figure1 = figure;

% 创建 axes
axes1 = axes('Parent',figure1,...
    'Position',[0.13 0.583837209302326 0.334659090909091 0.341162790697674]);
box(axes1,'on');
hold(axes1,'all');

% 使用 plot 的矩阵输入创建多行
plot1 = plot(X1,YMatrix1,'Parent',axes1);
set(plot1(1),'DisplayName','7 月');
set(plot1(2),'Color',[1 0 0],'DisplayName','10 月');

% 创建 axes
axes2 = axes('Parent',figure1,...
    'Position',[0.570340909090909 0.583837209302326 0.334659090909091
0.341162790697674]);
box(axes2,'on');
hold(axes2,'all');

% 使用 plot 的矩阵输入创建多行
plot2 = plot(X1,YMatrix2,'Parent',axes2);
set(plot2(1),'DisplayName','7 月');
set(plot2(2),'Color',[1 0 0],'DisplayName','10 月');

% 创建 axes
axes3 = axes('Parent',figure1,...
    'Position',[0.13 0.11 0.334659090909091 0.341162790697674]);
box(axes3,'on');
hold(axes3,'all');

% 使用 plot 的矩阵输入创建多行
plot3 = plot(X1,YMatrix3,'Parent',axes3);
set(plot3(1),'DisplayName','7 月');
set(plot3(2),'Color',[1 0 0],'DisplayName','10 月');

% 创建 axes
axes4 = axes('Parent',figure1,...
    'Position',[0.570340909090909 0.11 0.334659090909091 0.341162790697674]);

```

```

box(axes4,'on');
hold(axes4,'all');

% 使用 plot 的矩阵输入创建多行
plot4 = plot(X1,YMatrix4,'Parent',axes4);
set(plot4(1),'DisplayName','7月');
set(plot4(2),'Color',[1 0 0],'DisplayName','10月');

% 创建 title
title({'过牧干扰生境草本植物因子月份差异图'},'FontSize',16);

% 创建 legend
legend1 = legend(axes1,'show');
set(legend1,...
    'Position',[0.384244791666667          0.821543385888404          0.06875
0.0795454545454545]);

% 创建 legend
legend(axes2,'show');

% 创建 legend
legend2 = legend(axes3,'show');
set(legend2,...
    'Position',[0.391276041666667          0.358443754892095          0.06875
0.0795454545454545]);

% 创建 legend
legend(axes4,'show');

% 创建 textbox
annotation(figure1,'textbox',...
    [0.27734375 0.490956614111596 0.05546875 0.0643939393939394],...
    'String',{'高度'},...
    'FontSize',14,...
    'LineStyle','none');

% 创建 textbox
annotation(figure1,'textbox',...
    [0.721875 0.488111595661411 0.05546875 0.0643939393939394],'String',{'盖
度'},...
    'FontSize',14,...
    'LineStyle','none');

% 创建 textbox
annotation(figure1,'textbox',...
    [0.2796875 0.0194769093145477 0.05546875 0.0643939393939394],...
    'String',{'密度'},...
    'FontSize',14,...
    'LineStyle','none');

% 创建 textbox
annotation(figure1,'textbox',...
    [0.715625000000001 0.0213219277647322 0.07109375 0.0643939393939394],...
    'String',{'生物量'},...
    'FontSize',14,...
    'LineStyle','none');

```