

# 草原生态系统管理与持续发展

## 内蒙古草原草场放牧退化模式

## 研究及退化监测专家系统雏议

李永宏

RESEARCH ON GRAZING DEGRADATION MODEL OF THE MAIN  
STEPPE RANGELANDS IN INNER MONGOLIA AND SOME CONSIDERATION  
TO ESTABLISHING A COMPUTERIZED RANGELAND MONITORING SYSTEM

Li Yong-hong

草原植被在放牧影响下的时空动态规律是草场监测和管理的基础。本文将定位研究与路线考察相结合, 将放牧影响下草原的动态演替及其在牧压梯度上的空间变化相对比, 研究了内蒙古主要草原草场的退化模式, 并在此基础上初步探讨了判别草场退化的数量指标和退化监测专家系统。

1. 借助“种一环境因子等级”生态剖面分析, 灰色关联分析和模糊聚类等技术, 揭示了内蒙古主要草原类型的放牧指示植物, 系统地将其归为正定量指示植物[如冷蒿 (*Artemisia frigida*) ]、负定量指示植物[如针茅 (*Stipa spp.*) ]、正定性指示植物[如寸草苔 (*Carex duriuscula*) ]、负定性指示植物[如羽茅 (*Achnatherum sibiricum*) ]和宜中牧植物[如冰草 (*Agropyron cristatum*) ]等; 并依种与牧压间的关系划分植物为不同的放牧生态种组。

2. 牧压梯度上植物群落的空间变化轨迹和退化草原的恢复演替途径研究表明, 根茎禾草的恢复快于丛生禾草。群落时空变化规律的对应性分析证实了①内蒙古草原草场的放牧退化演替是单稳态的; ②草原群落在牧压梯度上的空间变化与其在放牧演替中的时间动态相对应。

3. 内蒙古高原主要草原草场在持续自由放牧影响下均趋同于冷蒿草原。从而在理论上把趋同的概念广延到次生逆向演替的范畴, 在实践上为草原草场的放牧退化监测奠定了基础。冷蒿是最可靠的正定量放牧指示植物, 同时又是优良牧草和草原退化的阻截者。

4. 讨论了草原草场退化的概念, 论述了草原生态退化(逆向演替)与草场退化的区别和联系, 明确提出划分草原的逆向演替为草场熟化和退化两个相继的过程, 并依草场群落与牧压的关系建立了判别草场是否退化及退化程度的数量指标。

5. 在退化模式研究的基础上, 初步设计了草场放牧退化的监测一决策专家系统, 包括简易监测, 分级判别和咨询决策三个步骤。

## 退化羊草草原恢复演替过程

### 中群落特征动态规律的研究

李政海 何涛

DYNAMIC CHARACTERISTICS OF A DEGENERATED *ANEUROLEPIDIUM CHINENSE* STEPPE DURING ITS RESTORATION SUCCESSION

Li Zheng-hai He Tao

本文利用1983—1991年获得的退化羊草草原恢复演替过程的野外调查资料，通过对种的重要值，群落的生态多样性和均匀性指数的计算分析，研究了在退化草原恢复演替过程中植物种类组成及其群落学作用、种的饱和度、层片结构、生产能力以及群落综合特征的动态变化规律。研究结果表明，退化草原的恢复演替是一种中途演替过程，在封育恢复的过程中，基本的群落种类组成没有明显的变化，演替过程主要表现在不同植物种类群落学作用的交替变化方面。适应地带性气候条件的植物种类的群落学作用明显增强，构成恢复演替过程中的增强种组，包括羊草、大针茅、冰草等13种植物；而在过度放牧条件下形成的退化草原群落中占优势的植物种类，如冷蒿、星毛委陵菜、小叶锦鸡儿等13种植物的群落学作用逐年降低，构成恢复演替过程中的消退种组；另外有10种植物，如双齿葱、二裂委陵菜、防风等典型的草原群落伴生植物，其群落学作用在整个演替过程中变化不大，构成恒有稳定种组。在恢复演替过程中，组成群落的各层片的作用也表现出明显的交替变化规律。在围封后的前4—5年，冷蒿、木地肤等组成的半灌木层片是群落的建群层片或优势层片，其后，由羊草、冰草组成的根茎禾草层片和由大针茅、落草等组成的丛生禾草层片逐步取代了半灌木层片的作用而成为群落的优势层片或建群层片。此外，在整个演替过程中，植物种的饱和度有逐年下降的趋势，群落多样性和均匀性指数基本上保持稳定，而草群高度和群地上生物量则表现出逐年增加的趋势，充分反映了退化草原中途恢复演替过程中植物群落特征的动态变化规律。

## 退化羊草草原浅耕翻处理

### 植物种群演替动态的研究

宝音·陶格涛 陈敏

SUCCESSION DYNAMICS OF THE PLANT POPULATIONS IN A  
DEGENERATED *ANEUROLEPIDIUM CHINENSE* STEPPE AFTER SHALLOW  
PLOUGHING

BaoYin Taogetao Chen Min

浅耕翻做为退化草场的改良措施之一，已经在一些地区得到应用，为了了解浅耕翻处理后植物种群的演替规律及群落结构的变化情况，我们通过对浅耕翻处理的长期观测，对其群落

植物种的多样性和均匀性，群落的稳定状况及演替过程进行了统计分析，本文对结果总结如下：

1. 植物种的多样性指数在9年中呈开口向上的抛物线状，其回归方程为 $y = 2.43 - 0.49x + 0.396x^2$ 。
2. 种的均匀性指数呈开口向上的抛物线状，其回归方程为 $y = 1.43 - 0.285x + 0.0266x^2$ 。
3. 群落的稳定性状况呈波动状态，但基本上在一个水平上波动。
4. 演替过程可分为三个阶段：第一阶段处理后1、2年，群落为羊草十一、二年生杂类草群落，羊草在群落中所占比例40%—70%，第二阶段：处理后第3至第6年，群落为羊草占绝对优势的单一羊草群落，羊草在群落中所占比例为80%—95%；第三阶段：自处理后第7年开始，群落为羊草+多年生杂类草群落，羊草在群落中所占比例70%—85%，冰草等多年生植物比例增加。
5. 从第七年开始，演替向原生植被方向进行。
6. 羊草重要值在九年中分布符合方程 $y = 202.9 - 78.4/x - 0.22/x^2$ ，表明羊草重要值在处理后的前几年增加较快，以后随着时间的延长重要值增加较慢并相对稳定在一个水平。同时，处理开始时第一、二年居重要地位的藜科刺穗藜，猪毛菜，灰绿藜逐年下降以至基本消失，冰草重要值在整个过程中呈波动上升趋势。黄蒿作为伴生杂草其重要值呈增加趋势。

## 不同改良措施下退化羊

### 草草原恢复速率的研究

陈敏 李忠厚 宝音·陶格涛

STUDIES ON RESTORATION RATE OF DEGENERATED ANEURO-LEPIDIUM CHINENSE GRASSLAND BY USING DIFFERENT IMPROVEMENT METHODS

Chen Min Li Zhong-hou Bao-Yin

本文研究了内蒙古锡林河流域退化羊草草原在不同人工改良措施下的恢复速率。在羊草草原的典型退化地段，采用了三种恢复措施：（1）围栏禁牧自然恢复；（2）表面疏松土壤；（3）翻耕播种羊草。经过五年的观察取样，利用定量分析方法分析了动态参数的变化，初步得出了三种恢复措施各自的恢复速率和方向：

- (1) 不同改良措施下，三种恢复系列均为非线性的。
- (2) 相对而言，翻耕播种羊草恢复最快，表面松土次之，自然恢复相对较慢。
- (3) 根据各恢复系列的“位置”参数的移动和偏离，翻耕播种羊草恢复方向偏离最大，从第三年开始完全向着单优人工群落的方向发展。其余两种恢复系列也都发生了不同程度的方向偏离。
- (4) 人工干预越强，恢复方向的偏离程度越大，但在生产应用上具有实际意义的，可以较快地提高草地的生产力。

# 羊草人工草地群落演替动态的研究

宝音·陶格涛

## SUCCESSION DYNAMICS OF THE CULTIVATED *ANEUROLEPIDIUM CHINENSE* GRASSLAND

BaoYin·Taogetao

本文对羊草人工草地的群落演替动态进行了观测研究,九年的资料统计分析得如下结果;

1. 羊草人工草地群落植物种的多样性、均匀性、群落的稳定性逐年增加;
2. 群落演替过程可分为三个阶段;第一阶段播种后前5年,羊草种群迅速增长,形成羊草占绝对优势的人工群落;第二阶段播种后5—7年,由于羊草的自我稀疏,大籽蒿,黄蒿侵入,形成羊草+大籽蒿+黄蒿的群落;第三阶段即羊草的相对稳定阶段;
3. 羊草人工草地自播后第5年,演替向原生植被方向进行;
4. 羊草与大籽蒿,黄蒿的重要值之间有互补性,并且羊草重要值年变幅随着演替的进程变小,说明其在群落中的作用趋向稳定。

# 羊草人工草地的建立及其科学管理的研究

陈敏 宝音·陶格涛

## STUDIES ON THE ESTABLISHMENT AND SCIENTIFIC MANAGEMENT OF ARTIFICIAL *ANEUROLEPIDIUM CHINENSE* GRASSLAND

Chen Min BaoYin·Taogetao

本文研究了在典型草原地区建立羊草人工草地及其科学管理和合理利用的问题。主要结果如下:

1. 在草原区栗钙土非灌溉条件下,只要注意避风和低湿地形的选择,在弃耕地或开垦退化草地种植羊草建立人工草地是行之有效的。这是改良草原提高草原生产力的有效途径之一;
2. 羊草种植后,在既无灌溉条件,又不进行中耕除草和施肥的情况下,利用种间竞争关系,羊草经过2—3年的繁殖,即可占据地下与地上空间,抑制其他杂草的生长,形成羊草占优势的人工草地,人工草地比天然草地具有较强的抗旱力和生产力。
3. 羊草人工草地在连年割草利用的情况下,对羊草的再生性和产草量影响很大。为了保持草地的稳定性,不能连年割草,应该割一年休一年,或割二年休一年,割草的时间应该在羊草结实末期进行;
4. 随着人工草地被利用时间的增长,在相邻天然草原的影响下,天然草原的种子植物不断向人工草地侵入,使人工草地的植物种类组成和种群结构在不断发生变化。特别是羊草与一、二年生蒿类植物始终存在着激烈的种间竞争,它们之间的关系是互补的关系,在各种种

子植物不断侵入的情况下，羊草人工草地有向天然草原逐渐演替的趋势；

5. 羊草人工草地被利用7—8年后，应该轻耙松土一次，以便促进羊草根茎繁殖和恢复草地的生产力。

羊草 (*Aneurolepidium chinense*) 是欧亚草原区东部的重要草原建群种之一，羊草草原广泛分布在我国东部草原地区。羊草对水分条件有广幅的适应性，具有耐盐碱、营养价值高和牲畜适口性好的特点，是草原区重草的优良牧草。因此开展本项研究，对建立人工草地和提高草原生产力可提供某些科学依据，这在理论和实践上都具有重要意义。

## 内蒙古白音锡勒牧场地区天然割草场合理割草制度的研究

仲延凯    包青海    孙维

A STUDY ON REASONABLE MOWING SYSTEM OF NATURAL  
MOWING STEPPE IN BAIYINXILE FARM, INNER MONGOLIA

Zhong Yan-kai Bao Qing-hai Sun Wei

内蒙古地区虽有几十年的割草历史，但到目前为止，尚未形成一套合理的割草制度，致使天然割草场日益退化。为了解决这一问题，从1982年至今，我们在中国科学院内蒙古草原生态系统定位研究站的羊草样地内及其邻近的天然割草场上，进行了一系列的试验与调查研究。

最适割草时期的确定与合理轮割制度的确定是建立合理割草制度的主要内容。

最适割草时期的确定：为了确定最适割草时期，需要进行群落地上生物量与植物营养元素季节动态的研究。为此，根据建群种羊草的物候期，设计了抽穗期（6月23日），开花期（7月8日）、结实期（8月2日）、结实后期（8月16日）和果后营养期（9月12日）5个割草处理。小区面积 $4\text{ m}^2$ ，对比法排列，重复6次。留茬高度均为6 cm。其群落地上生物量8年的平均值分别为33.52、73.17、105.50、122.36和115.56 g. $\cdot\text{m}^{-2}$ ，而含N量分别为2.35、2.20、1.99、1.79和1.54%，两者的高峰期并不一致。因此，采用单位面积储N量来确定最适割草时期，其储N量根据羊草，大针茅和杂类草生物量与含N率分别计算（下同）。分别为0.82、1.66、2.16、2.24和1.78 g. $\cdot\text{m}^{-2}$ ，所以最适割草时期为8月中旬。另外，出现了不同时期割草禾草生物量下降，而菊科和藜科植物生物量有上升的趋势。

合理轮割制度的确定：合理轮割实质上是不同割草强度的试验。设计了一年割两次（6月23日和9月12日）、一年割一次，割一年休一年，割二年休一年和对照（试验结束时割一次，均为8月16日）5个轮割处理。小区面积、排列方法，重复和留茬高度同上。其群落地上生物量的平均值依次为117.59、122.36、159.00、132.28和99.17 g. $\cdot\text{m}^{-2}$ ，含N量分别为2.00、1.79、1.65、1.51和1.41%。其单位面积储N量为2.39、2.24、2.78、2.38和1.47 g. $\cdot\text{m}^{-2}$ 。因此，合理轮割制度为割一年休一年。同时，有轮休的割草处理，优良牧草下降较慢，有延缓退化的作用。

割草与未割草相比，群落的地下生物量亦有下降，尤其是0—10、10—20 cm层次下降幅度较大。

割草对生态因子的影响：1. 土壤水分：在每年6月21日—9月13日间，每周测定割草与

未割草土壤水分的含量，连续测定7年，层次为0—5、5—10、10—20、20—30、30—40和40—50cm。从7年的平均值看，前两个层次分别较未割草下降1.31和0.90%，其它层次差异较小；2.土壤营养物的测定：割草主要使土壤有机质和全N含量下降，对全P影响不大。在0—20cm土层内，有机质、全N和全P，割草的分别2.0797、0.1757和0.1384%，未割草的为2.6338、0.2292和0.1364%。20—40cm土层亦有这种趋势。其速率养分，在0—10、10—20、20—30cm土层内，割草与未割草相比，硝态N和铵态N含量下降，速效P相似，而速效K增加，它与割草引起土壤水蒸散加速有关。

## 天然割草场群落和种群的留茬高度与损耗率之间关系的研究

仲延凯 贾志斌 敖艳红

STUDY ON THE RELATIONSHIPS OF THE STUBBLE HEIGHT OF  
THE MOWING GRASSLAND WITH THE LOST PROPORTION

Zhong Yan-kai Jia Zhi-bing Ao Yan-hong

用任何割草机械割草，均难于齐地面将当年生产的草全部收割，未收割的部分，一般称为留茬。未收割部分草的量占总量的百分数，即为损耗率。因此，不同的留茬高度与损耗率之间有一定的相关关系，为了定量的阐明这种关系，我们在内蒙古白音锡勒牧场地区的天然割草场上，从群落和种群两个方面进行了研究，为生产实践提供理论依据。

采用野外实地调查和室内分层切片的方法进行研究。野外调查用样线法，每隔50米随机测定20株植物的留茬高，共测20个点。室内做25个样方的分层均片，在0—16cm之间，每隔2cm切一层。所得结果如下：

不同割草机械的留茬高度：机引割草机的平均留茬高度为9.60cm，变幅为3—22cm，集中于6—11cm。马拉割草机为8.92cm，变幅为3—23cm，集中于4—9cm。人工镰刀为7.46cm，变幅为2—20cm，集中于4—8cm。

群落留茬高度与损耗率之间的关系：在白音锡勒地区，有三种类型割草场，即羊草+大针茅+旱生杂类草草原；羊草+羊茅+旱生杂类草草原和羊草+日阴苔+中生杂类草草原。上述三种类型的留茬高度与损耗率之间的关系是不同的。如以留茬高度6、10、16cm为准，第一类型的损耗率分别为29.51、53.60和78.60%；第二类型为29.20、49.80和73.53%、第三类型为16.73、31.26和52.73%。群落损耗率的高低主要与草群的高度和种类组成有关。如第三类型草原，一般生长在小山或丘陵的阴坡或地势较高的地区，生境条件较好，草群较高，在相同的留茬高度情况下，其损耗率较低。

种群留茬高度与损耗率之间的关系：在上述25个样方中，共有76种植物，分属于22科55属。根据分层切片的结果，并确定16cm为分层切片的高限。以后通过微机进行线性回归和对数回归分析。当留茬高为16cm时，计算 $\hat{y}$ 值的大小，将76种植依序排列，从而可以看出，留茬高度与损耗率之间的相关关系有一定的趋势。其中多数较为高大的植物，生物量集中于中上部，其留茬高度与损耗率之间呈线性相关，符合 $\hat{y} = a + bx$ 回归方程。少数植株较低，生物量集中于下部的植物，它们之间呈对数相关，符合 $\hat{y} = a + b \ln x$ 回归方程。其相关关系均

达到极显著水平。这些植物的损耗率随排的顺序而逐渐增加。分析其原因，它们与植株的形态特征有密切关系，如麻花头，下部的茎粗细相近，上部分枝较多，因此，损耗率较低；而糙隐子草，茎叶丛生基部，其损耗率较高。

## 内蒙古典型草原优化割草对策

尹承军

### THE OPTIMUM MOWING STRATEGY ON INNER MONGOLIA TYPICAL STEPPE

Yin Cheng-jun

在内蒙古草原，随着畜牧业的发展，冬春饲草的需求量不断增加，从草场割制和储备干草，就是为了满足这一需要。在割草场中，采取适当的割草对策，可以获取最优的生物量。

一定面积的割草场（ $S$ 平方米），在割草年份，一年内只收割一次，植物群落可供割草部分（割草留茬高度以上部分）季节生长动态曲线是 $f(t)$ ，它表示在时间第 $t$ 天，每平方米地上可供割草部分的生物量（重量或者营养储存量，单位 $g \cdot m^{-2}$ ）。现有的最大割草能力是 $u$ 平方米·天 $^{-1}$ ，要完成全部 $S$ 平方米草场的收割所需要时间至少 $S/u$ 天。 $v(t)$ 表示在第七天实际割草的速度（单位：平方米·天 $^{-1}$ ， $0 \leq v(t) \leq u$ ）， $y$ 表示一年内可获得的生物量，那么：

$$y = \int_0^{365} f(t) v(t) dt \quad y \text{简称收获量。}$$

可供割草部分的生物量是随时间不断变化的。选用不同的时间和不同的速度去收割，收获量 $y$ 就会不一样，本文研究优化割草对策，就是要针对生物量季节生长动态和现有的割草能力，选择合适的时间和合适的速度进行收割，以获取最优的收获量，并研究收割能力对最优收获量的影响。把问题抽象成为：

$$\langle 1 \rangle \left\{ \begin{array}{l} \max Y(u) \\ v(t) \\ 0 \leq v(t) \leq u \end{array} \right. = \int_{S_0}^{365} f(t) v(t) dt$$

这是一数学问题，即寻求控制变量 $v(t)$ 的取值形式，使目标函数 $y$ 达到最大值，最大值记为 $Y(u)$ 。

用控制论中极大值原理和数学分析的方法进行严格的推导和论证，得到下面的结论：

生物量季节生长动态曲线一般是单峰的，这里只给出此种情况下的结论，对于 $f(t)$ 为双峰的情况不难做类似的推论。

$\langle 1 \rangle$ 问题 $\langle 1 \rangle$ 的最优解存在，最优解 $v(t)$ 是 $t$ 的分段连续函数，

$$v(t) = \begin{cases} u, & t_1 \leq t \leq t_2 \\ 0, & \text{其它} \end{cases} \quad f(t) \text{的峰值点 } t_0 \in (t_1, t_2), \text{ 并且 } f(t_1) = f(t_2)$$

$\langle 2 \rangle$  $Y(u)$ 是 $u$ 的单调增加函数，当 $u \rightarrow \infty$ 时， $Y(u)$ 达到最大。此时，在生物量达到峰值点 $t_0$ 收割，可获得最大生物量。

结合割草收获问题，以上结论解释和描述成为：

$\langle 1 \rangle$ 存在优化割草对策，它由生物量季节动态曲线和现有的割草能力所确定。最优割

草时间是生物量动态曲线峰值点周围（包括峰值点）的一段时间，一般应该在峰值点之前开始收割，所需要的收割时间是 $S/u$ 天，在这段时间里，应每天都用现有的最大收割能力进行割草。

<2>收割能力越强，采用相应的优化割草对策，得到的收获量就越大，当收割能力大到一天即可割完草场 ( $u > S$ ) 这种情况下，在生物量动态曲线峰值点那一天收割，可获得最大收获量。

求解最优开始收割时刻 $t_1$ 的值，可以用以下方法步骤进行：先用曲线回归的方法拟合生长动态曲线 $f(t)$ ，再求解方程 $f(t_1) = f(t_1 + S/u)$ ，就可求出 $t_1$ 。

## 草原放牧系统实验研究初报

李永宏 陈佐忠 尹承军 黄德华 汪诗平 马琦

AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE STEPPE GRAZING SYSTEMS

Li Yong-hong Chen Zuo-zhong Yin Chen-jun Huang De-hua

Wang Shi-ping Ma Qi

在内蒙古锡林格勒地区以冷蒿 (*Artemisia frigida*)、糙隐子草 (*Cleistogenes squarrosa*)、冰草 (*Agropyron cristatum*) 和寸草苔 (*Carex duriuscula*) 等为主的典型草原放牧场上，以内蒙古细毛羊为对象，我们开展了草原放牧系统优化模式实验研究，旨在探讨不同放牧方式、放牧强度和放牧季节对草原草——畜——土系统的影响，并试图通过调节畜群放牧方式来改良退化草场，从持续发展畜牧业体系的角度出发，确立草场的最适载畜量和合理管理方案。1989—1992年的主要实验内容及阶段性结果初报于下：

不同放牧强度的轮牧试验：在植物生长季（5月20日～10月5日），以5个放牧强度等级（4、8、12、16、20/3公顷/138天）进行轮牧试验。每个放牧等级的畜群轮牧3个1公顷的小区，即每个小区放牧15天后，休牧1个月。整个生长季完成3个轮牧周期，计138天。结果表明：①随着放牧强度的增强，草场的牧草组成及其比例变化很大，如家畜喜食的小禾草（冰草、糙隐子草等）随着放牧强度的增强逐年下降；羊草 (*Leymus chinensis*) 和克氏针茅 (*Stipa krylovii*) 在轻牧条件下逐年增加，而在重牧条件下逐年下降；相反星毛委陵菜 (*Potentilla acaulis*) 的比例在重牧小区大幅度增加；②草场的地上现存量和地上生产力（指地上现存量与家畜采食量之和）的季节动态均呈单峰型（二次曲线），但随着放牧强度的增加，地上现存量的峰值出现日期提前，峰值降低；而地上生产力的峰值出现日期推后，峰值大小没有显著的差异。说明放牧促进了牧草的生长、尤其是秋季的生长，然而草场的地下植物生产力随放牧的增强而下降，即草场的总生产力下降，影响了草场的持续利用；③由草场放牧结束时的地上现存量随放牧强度的变化可推知，适当的放牧可以刺激牧草的生长，增加其产量，但这种家畜放牧后的牧草补偿性生长的作用较小，且随年度降水状况的变化而异，即水分好的年份作用大；④随着放牧强度 ( $S$ ) 的增加，每只畜体重增重量 ( $G$ ) 直线下降 ( $G = a - b \cdot S$ )，每公倾家畜增重 ( $G_h$ ) 曲线满足  $G_h = a + b \cdot S - c \cdot S^2$  方程。由此获知每公顷最大畜增重为60～73kg/138天，相应的最大载畜量为4.3～6.0只/公顷/138天，随年度水

分状况的优劣而波动；⑤在放牧强度梯度上，根据草场的地上现存量，地上净生产力、地下生产力、家畜个体增重和每公顷家畜增重、以及饲养畜所需的经济支出的曲线可以找到四个对草原放牧系统管理有实践意义的放牧强度值，即改良性最优载畜量 $S_h$ ，在此放牧强度下可以促进牧草的生长，达到利用中改良草场的目的，维持性载畜量 $S_s$ ，在此放牧强度下，草场基本维持现状，即实际载畜量与草场承载力处于动态平衡之中；最优经济载畜量 $S_e$ ，在此放牧强度下，系统的利润（畜产品经济收入—饲养畜经济支出）最大；畜产品最优载畜量 $S_g$ ，这里主要指在此放牧强度下家畜的体重增重最大。合理的放牧方案应根据草场管理的目标而调节。

不同放牧体系对草——畜系统影响的实验，主要比较连续放牧和两种轮牧方式的效果。放牧季节仍为5月20日至10月5日，每种放牧方式用1个小区（1公顷）。放牧强度为连续放牧4只羊，放牧138天，计552羊·日；轮牧分：“低强度长周期”放牧和“高强度、短周期”放牧，二者分别为12只羊放牧3次，每次半个月，计552羊·日和36只羊放牧3个5天，计540羊·日。可见放牧强度是基本上一致的。结果表明：“高强度、短周期”放牧比“低强度、长周期”放牧和连续放牧有较好的牧草生产，而后二者间差异不显著；轮牧条件下每畜体重增重比连续放牧高2—4kg/只，且这种体重增重的差异较为稳定。

## 应用稀土元素提高天然草原初级生产力的研究

仲延凯      包青海

STUDY ON APPLICATION OF RARE-EARTH ELEMENTS TO IMPROVE  
PRIMARY PRODUCTIVITY OF NATURAL GRASSLAND

Zhong Yan-kai Bao Qing-hai

内蒙古自治区是稀土的故乡，仅包头的白云鄂博矿就有1.35亿吨贮量，为国外总贮量的3倍多。因此，它是我区的资源优势之一。

内蒙古有11.8亿亩天然草原，它是我区另一资源优势。稀土（硝酸稀土）农用，已相当广泛。稀土在天然草原上的应用，经联机检索，在国内外均属空白。在内蒙科委的支持下，从1987—1990年，我们在中国科学院内蒙古草原生态系统定位研究站及其邻近地区，从事这方面研究。既使两大资源相结合，提高产草量，也开辟了稀土应用的新途径。其主要结果如下。

喷施剂量的选择：应用商品硝酸稀土（有效成分为38%），配置成500、1000、1500、2000ppm溶液，以喷水作对照，分别于5月下旬和6月中旬，喷施在小区面积为20m<sup>2</sup>重复4次的试验区内。两年结果平均，其群落生物量依次为184.33、195.19、207.38、194.80和179.62g·m<sup>-2</sup>，分别较对照增产2.62、8.67、15.45和8.45%。因此，适宜的喷施剂量为1500ppm，其次为1000ppm。

喷施次数的确定：1988年的试验设5个处理，即喷施1次（5月下旬），2次（5月下旬、6月上旬），3次（5月下旬、6月上旬、6月下旬），4次（5月下旬、6月上旬、6月下旬、7月上旬）和对照（每次喷水）。剂量均为1000ppm。小区面积和重复同上。其群落生物量依次为305.87、327.01、321.54、380.48和281.54g·m<sup>-2</sup>，分别较对照增产8.64、16.15、14.20和35.14%。喷3次的因受干旱影响，生物量偏低。1989年又布置同样的试

验，结果类似。可见喷施次数较多，增产幅度较大。但在生产上以喷1—2次为宜，否则成本增加，

最适喷施时间的确定：本试验设计于5月下旬、6月上旬、6月中旬、6月下旬各喷施一次，以喷水作对照。剂量均为1000ppm。小区面积 $10\text{m}^2$ ，对比法排列，重复4次。其群落生物量依次为260.91、287.19、262.02、292.49和 $243.33\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ，分别较对照增产7.22、18.02、7.68和20.20%。以6月下旬喷施为宜。

喷施不同化合物的比较试验：在研究过程中，有人提出：不一定是复合稀土元素在起增产作用，也可能是硝酸根中的N在起增产作用。为此，我们用硝酸稀土，氯化稀土，硝酸钙( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ )，硝酸钠( $\text{NaNO}_3$ )和喷水进行比较试验。小区面积 $20\text{m}^2$ ，拉丁方排列。其群落生物量依次为174.90、180.59、168.84、166.53和 $167.41\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ，分别较对照增产4.47、7.87、0.85和-0.53%。从而证明是复合稀土元素在起增产作用，而不是硝酸根中的N。

中间试验结果：从1988至1990年，共喷施533公顷（约8000亩），其群落生物量的增产幅度为8.64—19.76%，平均为11.92%。

另据我校化学系何久康等分析，进入植物体内的稀土元素与增产作用成正相关。生物系的宋炳煜测定，喷施后羊草的叶绿素含量与光合速率均有增。如用增产的草养畜，投入与产出比约为1:20，经济效益较好。

## 编 后 记

1992年4月，我站在临潼召开了工作会议暨学术讨论会。会议决定以《植物学通报》专刊的形式出版反映我站近年来科研工作的论文摘要集，其目的在于扩大与同行间的学术交流，接受各位专家、学者以及草地生产部门的审阅与指导，以进一步改进我们的工作，共同推进我国草地生态系统科学和草地畜牧业的发展。

本专辑收采的论文摘要包括：1.在某一方面已发表的多篇论文的综合摘要；2.已有论文发表但工作又有进展的综合摘要；3.尚未发表的最新科研进展报道摘要。全部文章均出自长期在我站工作的科学研究人员（在编或客座）之手。各位作者的通信地址如下：

100044，北京，中国科学院植物研究所：姜恕、陈佐忠、盛修武、杨宗贵、黄德华、戚秋慧、李永宏、尹承军、张鸿芳、姚依群、汪诗平、关秀清、杨化民。

100080，北京，中国科学院动物研究所：周庆强、钟文勤、王广和、王桂明、李鸿昌、邱星辉、范为民

210008，南京，中国科学院土壤研究所：曹升赓

100029，北京，中国科学院自然资源综合考察会：杜占池

100875，北京，北京农业大学：赵玉萍、吕贻忠

010021，呼和浩特，内蒙古大学：廖仰南、仲延凯、宋炳煜、杨持、陈敏、赵吉、宝音、包青海、李政海、张桂枝

010018，呼和浩特，内蒙古农牧学院：李治良、陈有君、王芳玖、贾树海

010019，呼和浩特，内蒙古林学院：康师安、关世英、齐沛钦

010020，呼和浩特，内蒙古教育学院：刘书润

026009，锡林浩特，白音锡勒牧场：马琦

中国科学院内蒙古草原生态系统定位研究站