

2023影响力国际气候创新大会

东北师范大学



应对全球变化的草地管理新范式



王德利

2023.12.20-22

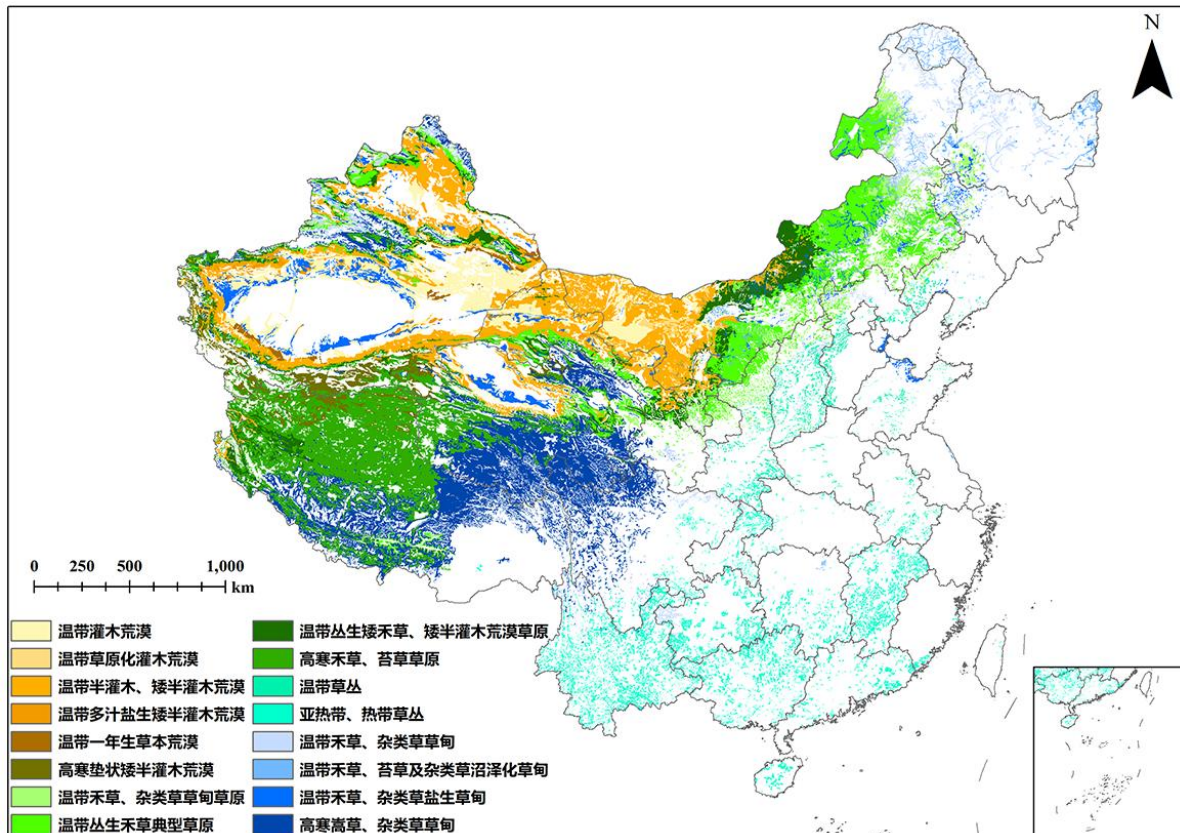
海口

草地——生物圈中最大陆地生态系统

具有多功能：**生产供给、生态服务、文化发祥...**

中国草地

1980: 60 亿亩 **40%**; 2021: 40 亿亩 **27.5%**





草地——普遍性退化

植被生产力

高寒草甸降低 10-20%

内蒙古草原降低 10-40%

松嫩草地降低 20-50%

生物多样性

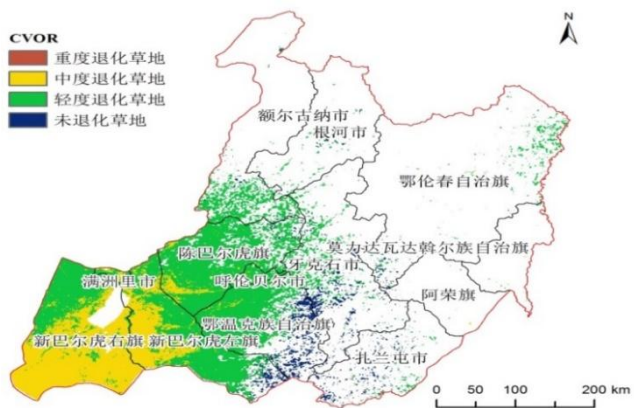
典型草原为同比下降 10~15%

在重度放牧下降幅度更大

固碳功能

植被减小 0.80%

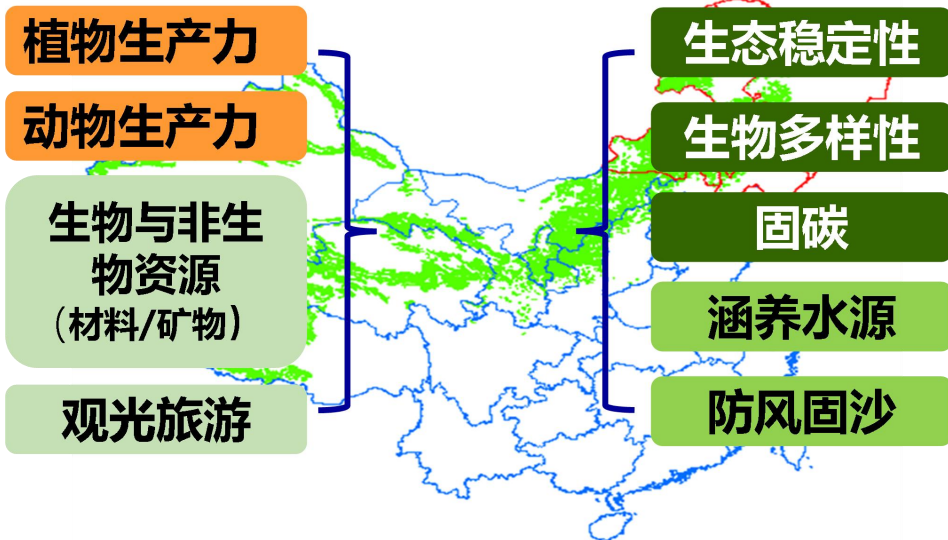
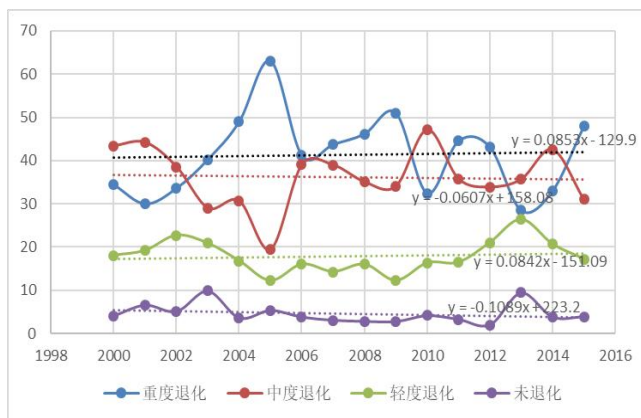
土壤降低 2.56%



优质产品与可持续服务

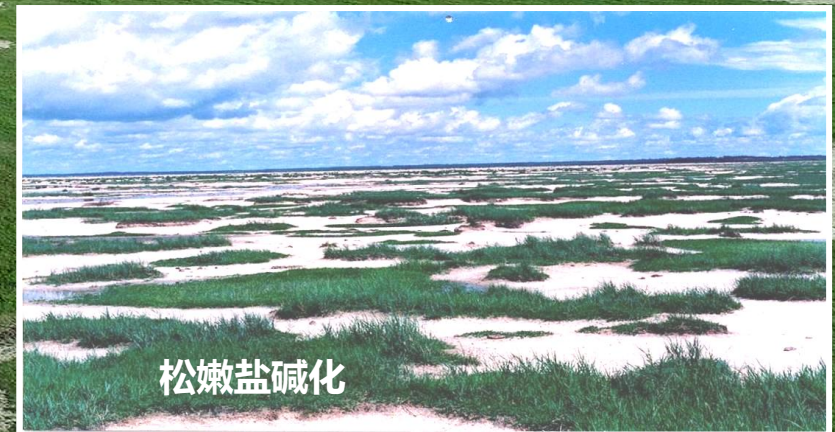


70-80% 处于不同退化程度





草地——退化表现与原因





草地——退化表现与原因

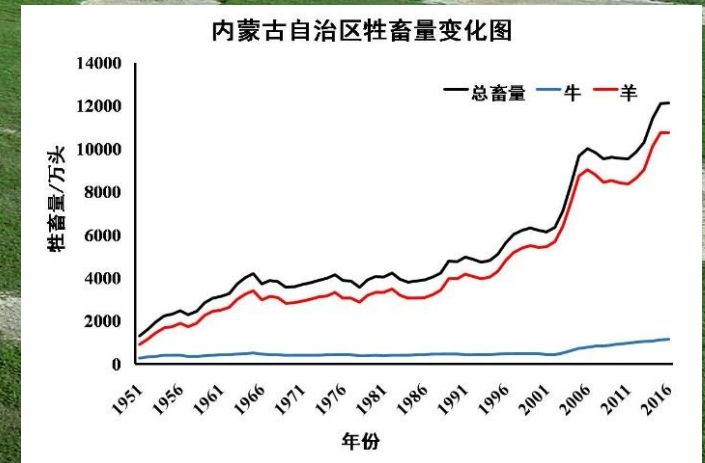
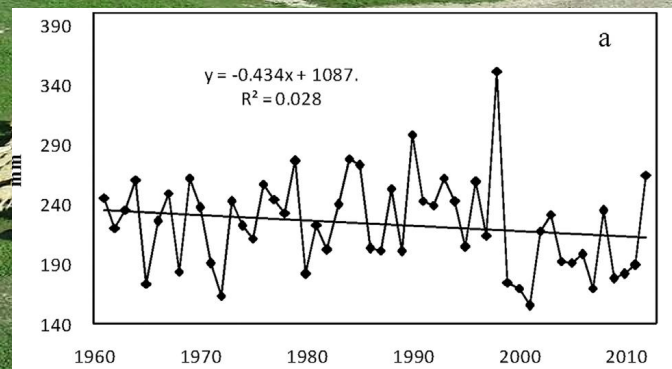
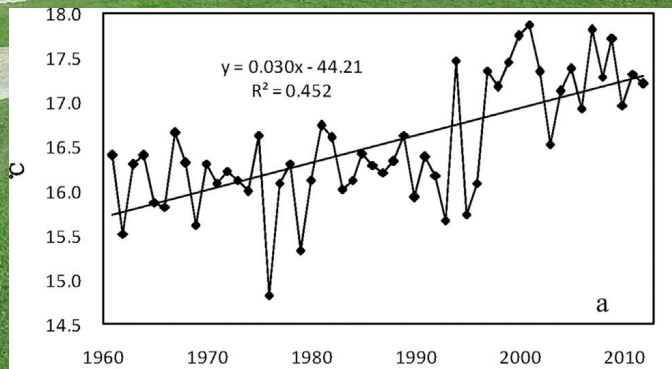
不合理放牧与气候变化共同作用导致严重退化



内蒙古

家畜数量增加 **6.1** 倍

畜群比例改变 **3.5** → **9.3**



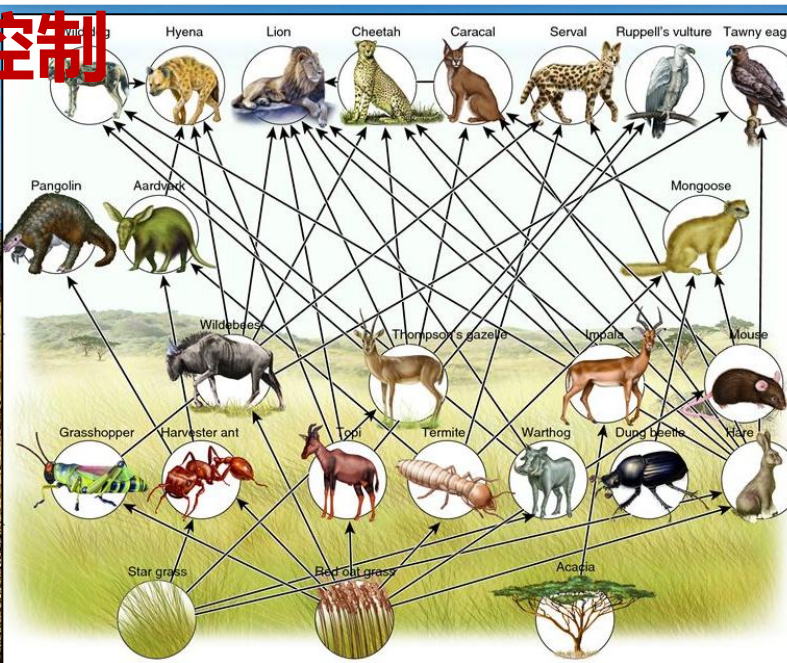
草地——被管理系统 managed ecosystem

Predator   Herbivore

家畜数量已达大型哺乳动物

90%

草地由动物控制转变为人为控制



草地放牧管理 grazing management

草地需求——高质量畜产品/可持续生态服务

草地压力——日益加剧全球变化/人类活动

传统管理→精准管理



精准放牧管理 precision grazing management

定义 草地管理新认识、新理念、新范式

以草地多功能性的稳定与维持为目标，利用草学、畜牧学、生态学等多学科理论，基于生境条件，特别是植被特征、家畜属性，以及家畜-植被互作，通过多维、有效、定向调控家畜放牧过程，最终实现生产-生态功能协同平衡的草地管理利用范式

第 31 卷 第 12 期
Vol. 31, No. 12

草 业 学 报
ACTA PRATACULTURAE SINICA

191—199
2022 年 12 月

DOI: 10. 11686/cyxb2022047

<http://cyxb.magtech.com.cn>

王德利, 王岭, 韩国栋. 草地精准放牧管理: 概念、理论、技术及范式. 草业学报, 2022, 31(12): 191—199.

WANG De-li, WANG Ling, HAN Guo-dong. Precision grazing management of grassland: Concept, theory, technology and paradigm. Acta Prataculturae Sinica, 2022, 31(12): 191—199.

草地精准放牧管理: 概念、理论、技术及范式

王德利^{1*}, 王岭¹, 韩国栋²

(1. 东北师范大学环境学院, 植被生态科学教育部重点实验室, 吉林松嫩草地生态系统国家野外科学观测研究站, 吉林 长春 130024; 2. 内蒙古农业大学草原与资源环境学院, 草地资源教育部重点实验室, 内蒙古 呼和浩特 010011)

**草地投入有限而需求越来越强
管理方式具体，才有可操作性**

precision agriculture

精准农业

-
- 相对单一农田作物系统
 - 环境条件好，人工投入高
 - 作物高产、环境友好
 - 通过种子、水肥等调控，难度小

precision grazing

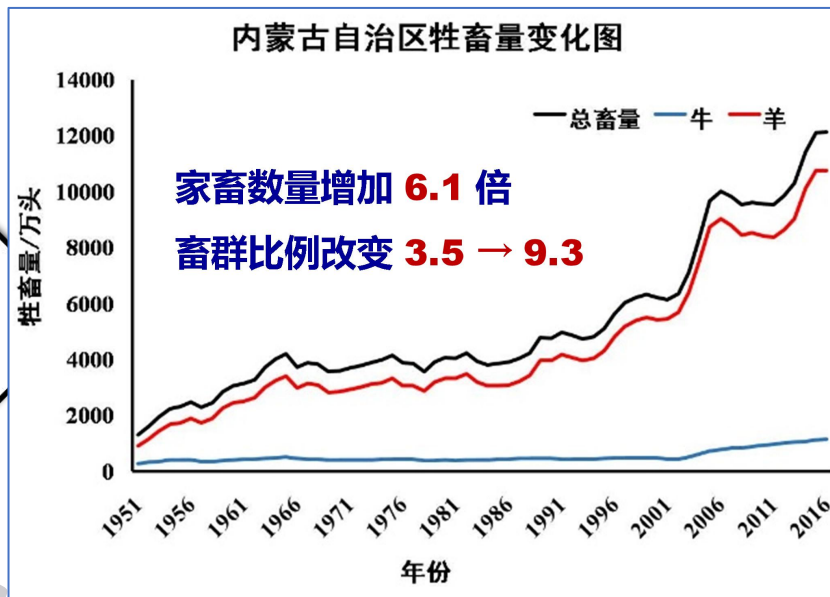
精准放牧

-
- 比较复杂多物种草地系统
 - 干旱半干旱区域，人工投入少
 - 草畜高质量、生态产品可持续
 - 通过放牧、刈割等调控，难度大

放牧管理主要途径

草地多功能目标

草地放牧系统
基础理论



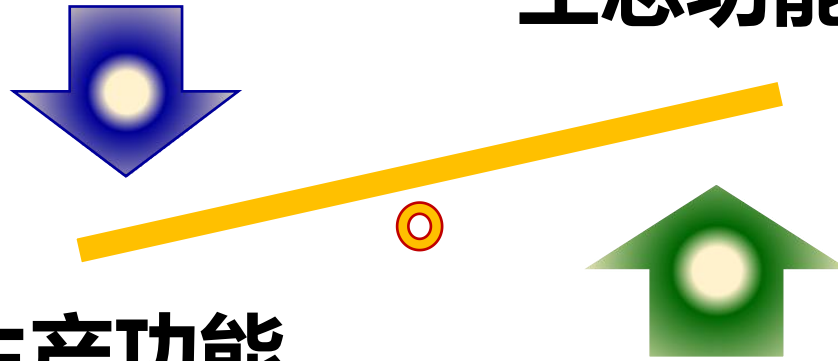
草地家畜放牧
关键技术



精准放牧技术

生态功能 ← 合理混合放牧

最适放牧压 → 生产功能



放牧压调控

中度干扰理论 Intermediate Disturbance Hypothesis

——生物多样性维持

适度放牧可维持较高生物多样性，有利于群落稳定性

- 生物多样性维持
- 生物多样性/优势种-系统功能
- 生物多样性/复杂性-稳定性

草地生物多样性维持的嵌套理论

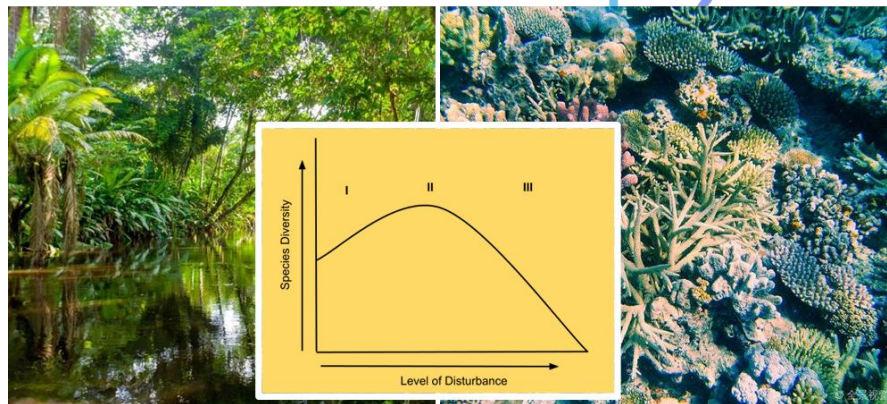
群落构建理论：基于物种/生境特性（扩散/过滤）、空间过程、主导过程认识多样性维持
中性/随机生态位

中度干扰假说：中度干扰有利于维持较高生物多样性
Connell et al.1978

多样性-异质性关系假说：较高时空/环境异质性能够提升物种多样性及群落结构

Johnson & Simberloff 1974; Tews et al. 2004; Stein et al. 2014

生态位理论：物种生态位分化有益于多物种共存
Hutchison 1957



放牧压调控

植物补偿生长理论 Compensatory Growth Mechanism

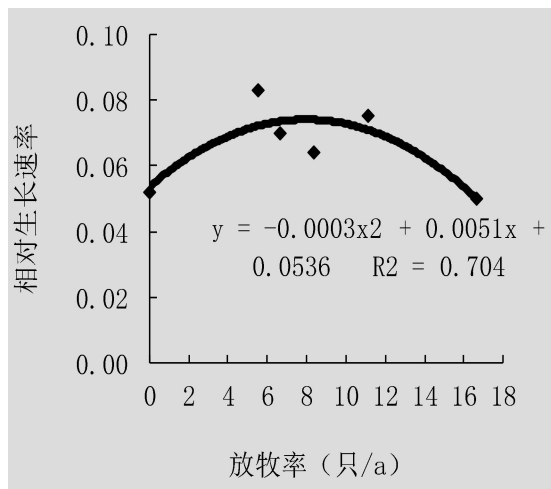
——植物补偿生长机制

适度家畜采食会导致植物再生生物量超过未采食水平

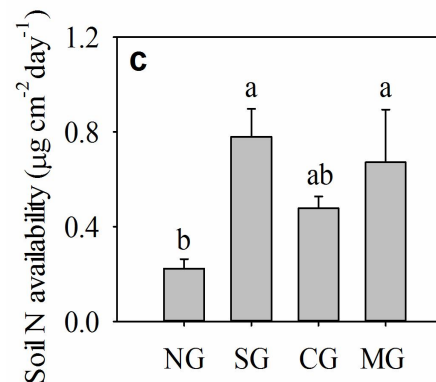
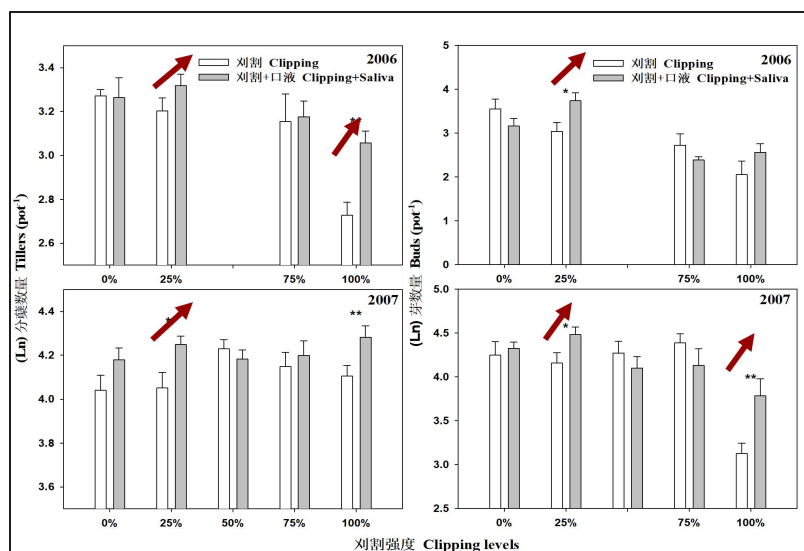
家畜通过采食、践踏、口液及粪尿等途径影响植物生长



Animal feces



最佳刈牧高度 **25%** (生长点)



刘颖等 2002

Liu et al. 2012 PLoS ONE

Liu et al. 2018 Journal of Ecology

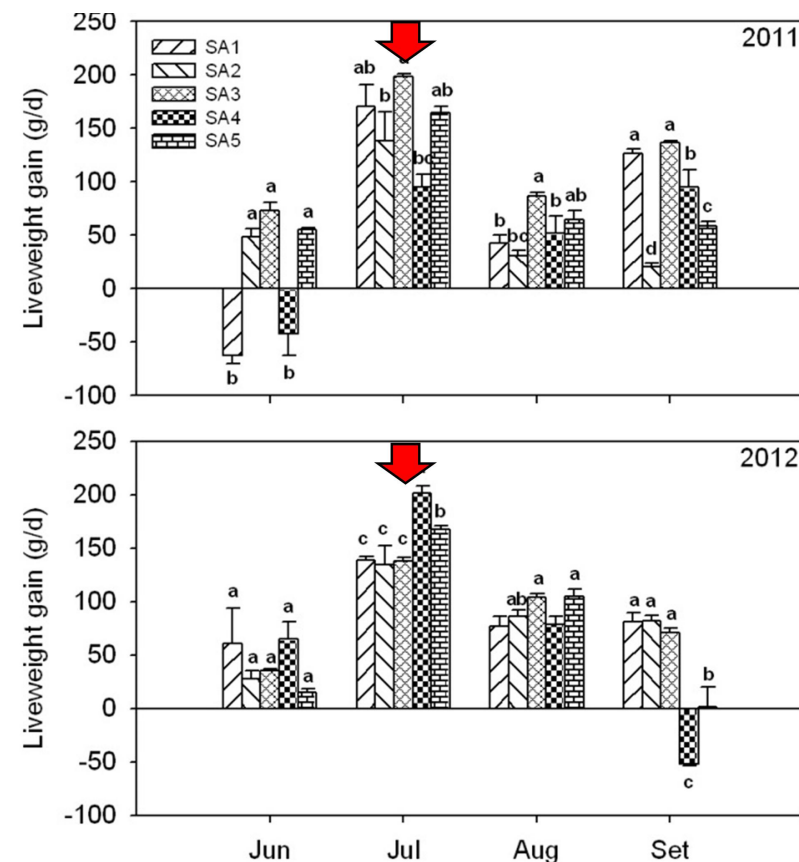
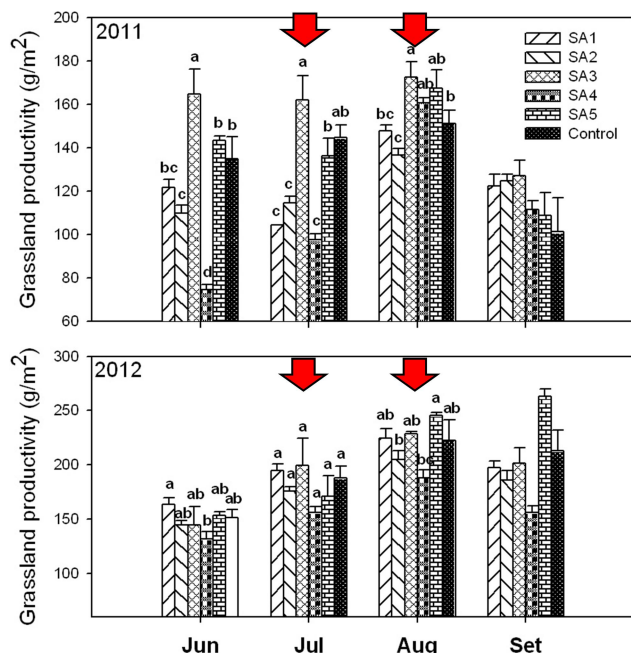
放牧压调控

放牧强度——植物生长/家畜增重

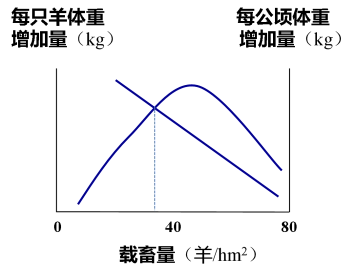
中重放牧强度下家畜增重较高

家畜繁殖率?

Yang et al. 2011 Anim Sci



载畜率



Mott 1960; Hodgson 1990



以草定畜



植物产量/质量

植物动态 (季节变化)

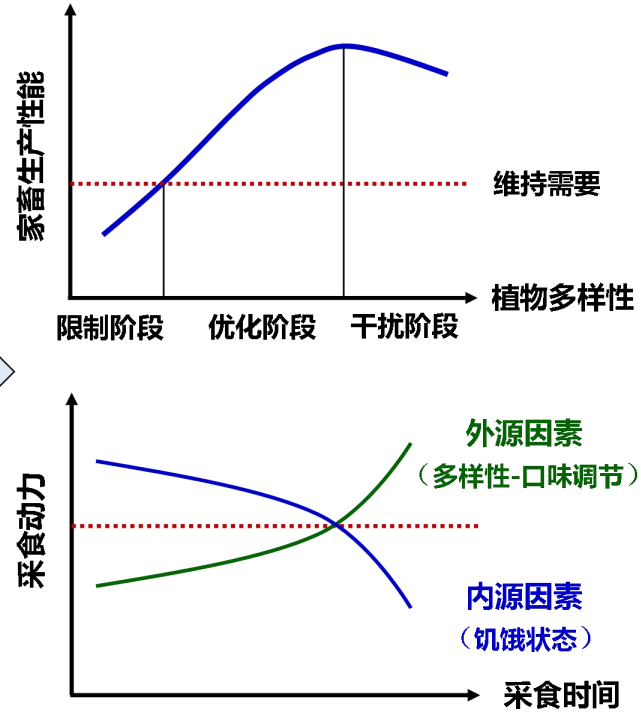
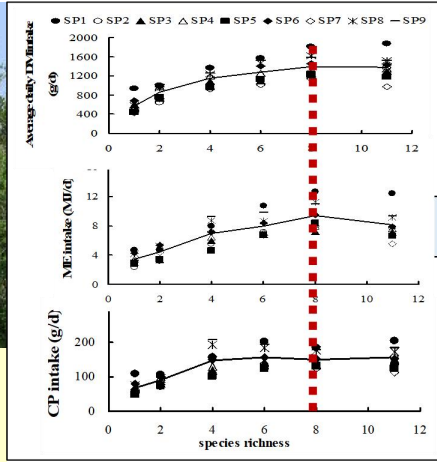
植物质量 (种类差异)

家畜种类 (食性选择)

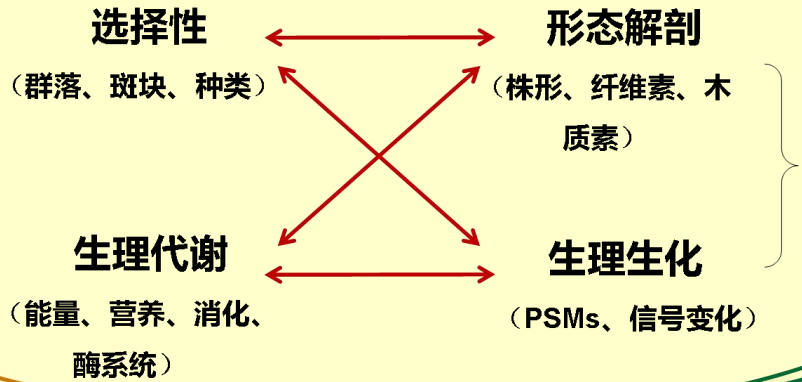


畜群结构调控

动植物互作及协同适应理论



适应 / 进化



反馈 / 协同

Wang et al. 2010 Journal of Applied Ecology
Feng et al. 2016 Basic Applied Ecology

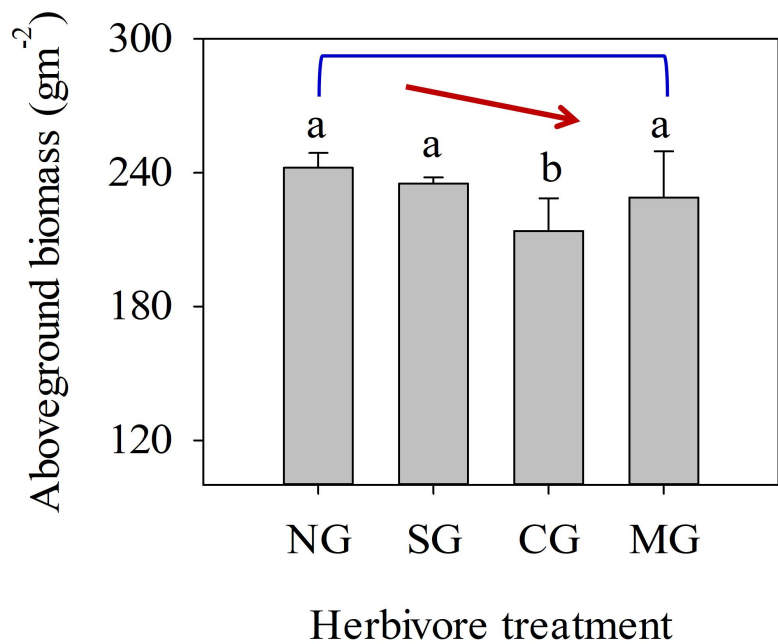


畜群结构调控

放牧家畜

——种类与组合对草地功能作用

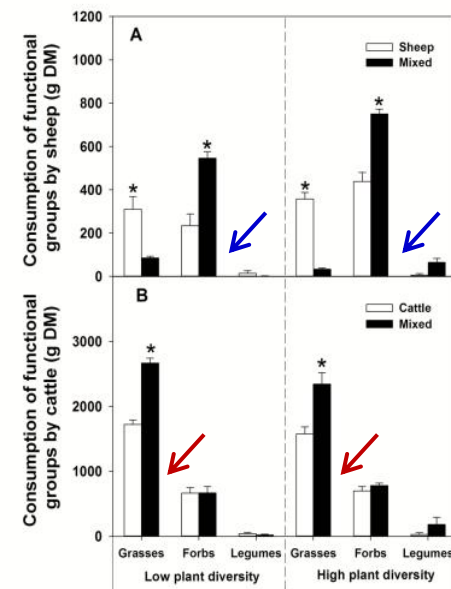
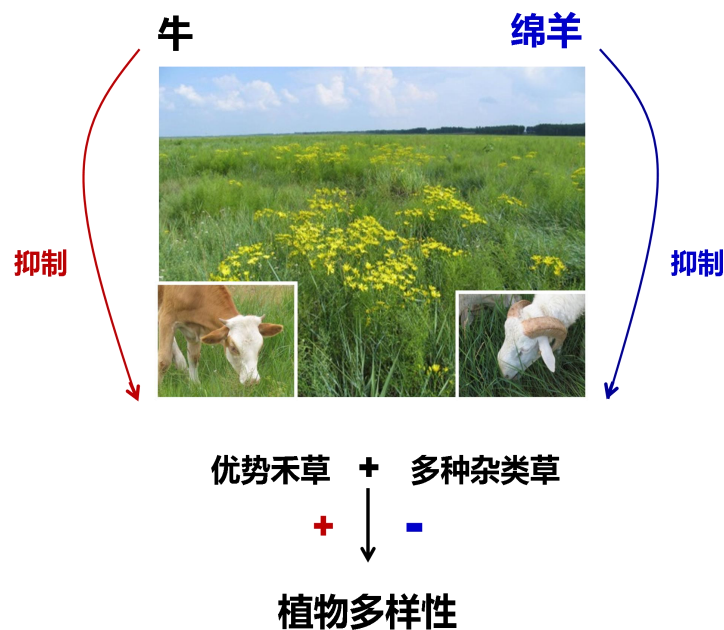
放牧牛及牛羊混合能提升植物多样性/稳定生产力



Liu et al. 2015 J Appl Ecol

植物多样性改变 ← 食性选择差异

群落稳定性变化及机制



畜群结构调控

植物与家畜生产力

混合放牧维持植被生产力

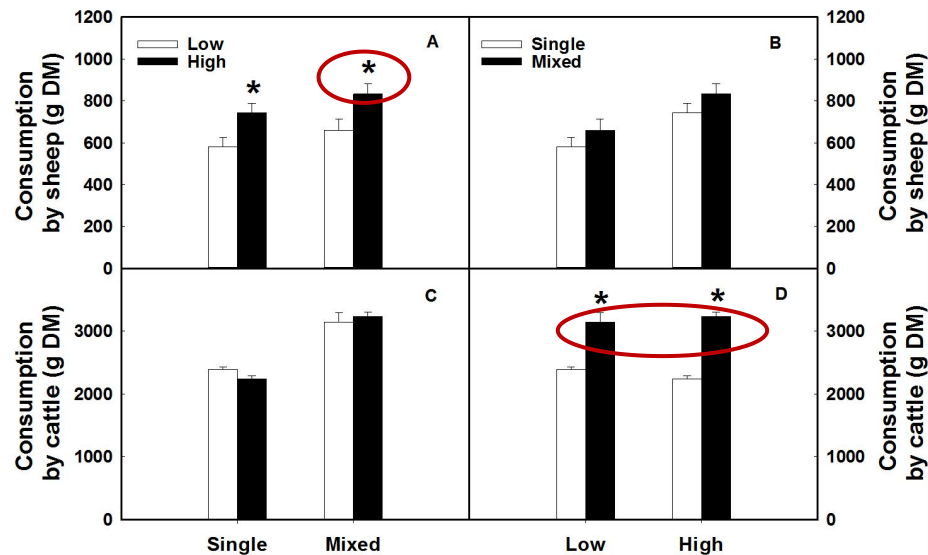
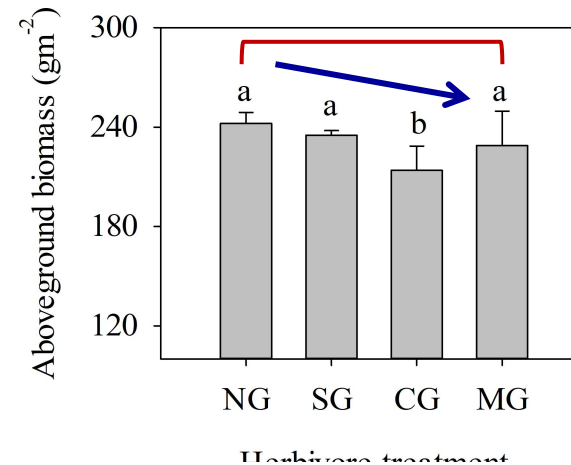
混合放牧具有促进牛采食，而高植物多样性有益于羊采食

Liu et al. 2015 Journal of Applied Ecology



放牧家畜

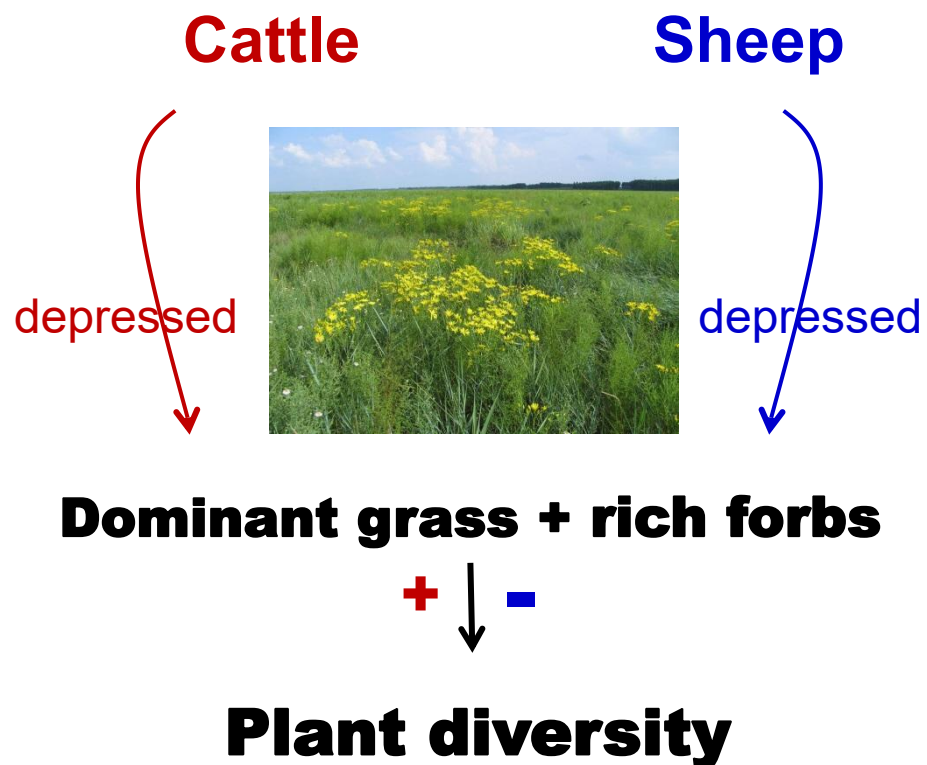
——种类与组合对草地功能作用



畜群结构调控

植物多样性

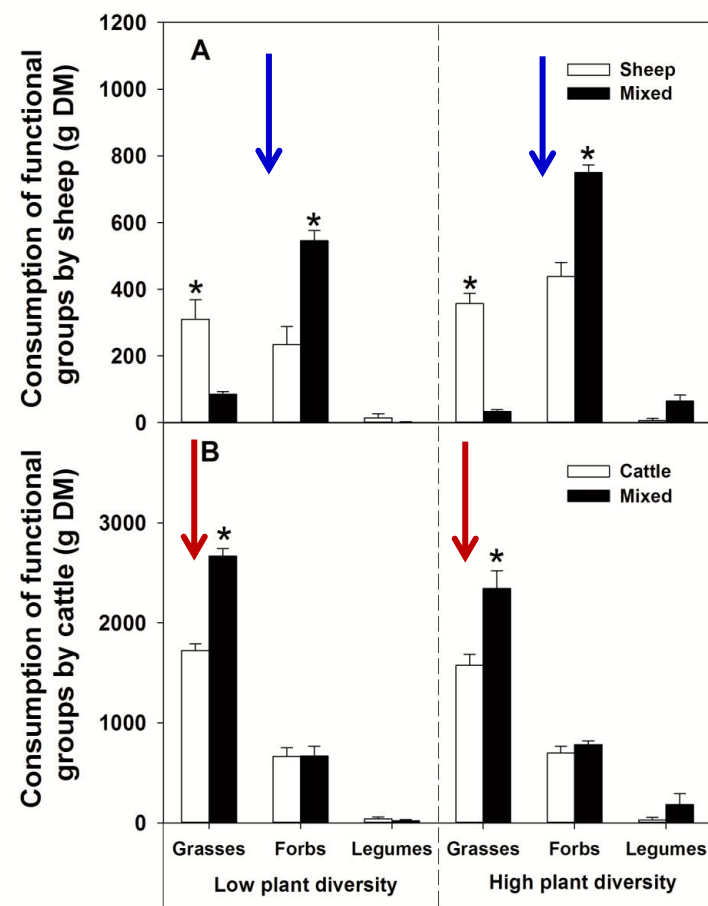
牛与混合放牧提高植物多样性，羊放牧降低植物多样性



放牧家畜

——种类与组合对草地功能作用

Liu et al. 2015 Journal of Applied Ecology

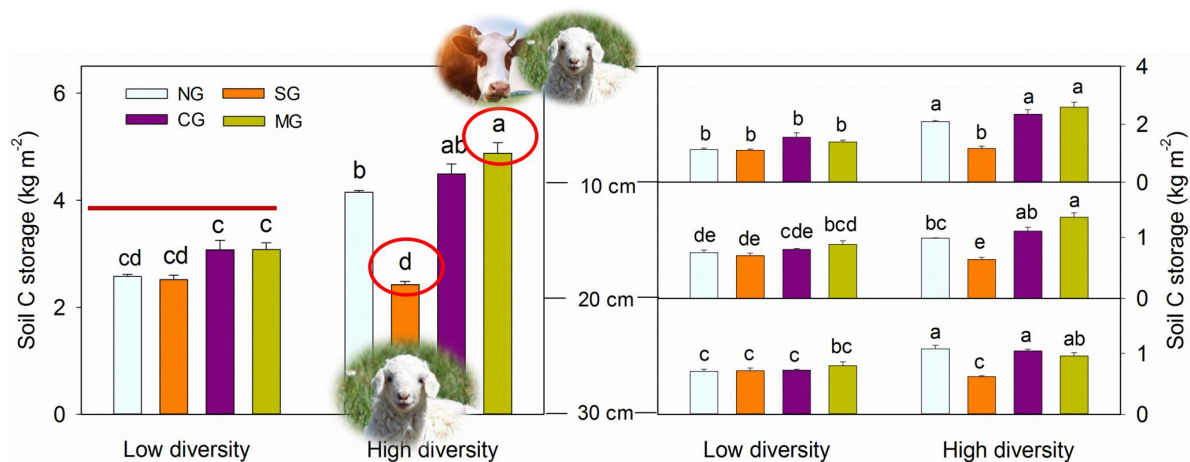


畜群结构调控

土壤碳氮特征

羊放牧降低土壤碳库与碳通量；牛放牧、混合放牧提高碳库及其通量

放牧可以普遍提升氮利用效率



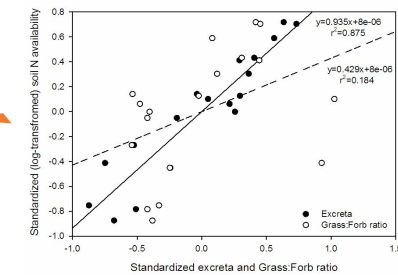
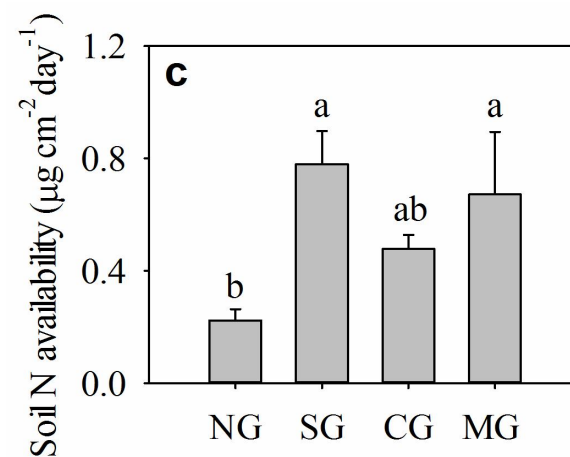
Chang et al. 2021 Biogeochemistry; 2018 Journal of Applied Ecology

Li et al. 2022 Environmental Research Letters

放牧家畜

——种类与组合对草地功能作用

枯落物/粪便差异 → 氮利用率改变



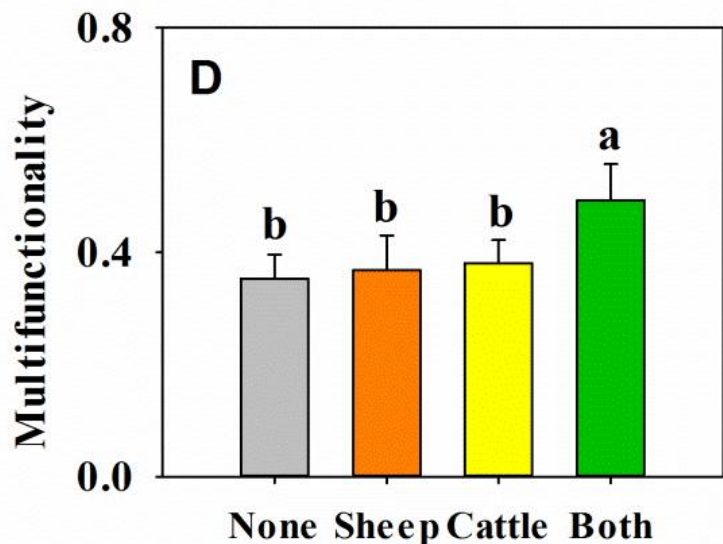
Liu et al. 2018 Journal of Ecology

畜群结构调控

草地多功能性

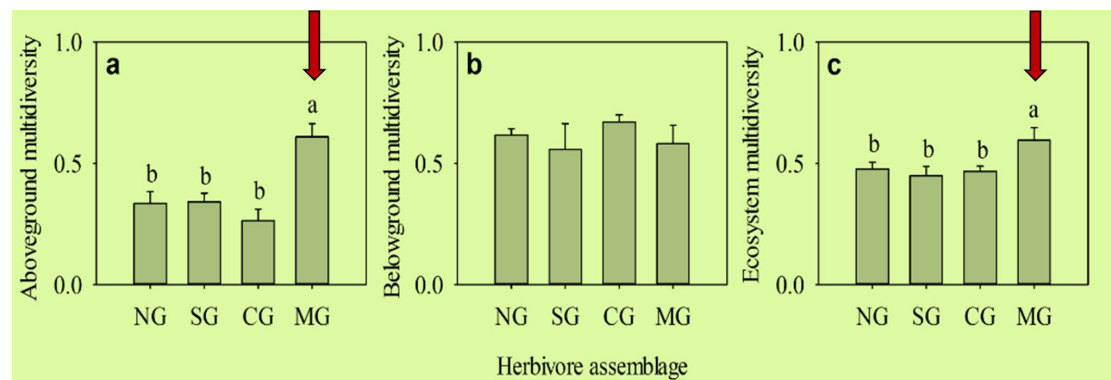
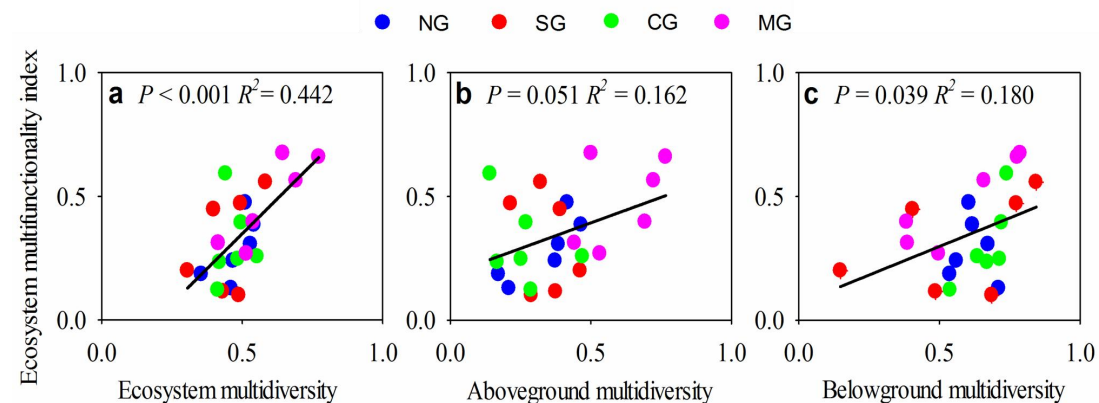
混合放牧通过提升系统生物多样性而改善多功能性

Ecosystem biodiversity-Multifunctionality



放牧家畜

——种类与组合对草地功能作用



混合放牧标准

1:1 混合放牧

建立基于家畜种类与混合比例的载畜率!

DB22/T 2948—2018

4.1 每年放牧时间宜为 90 天，分布情况见表 1。

表1 牛羊混合放牧时间分布

时段(月份)	6	7	8	9
时长(天数)	20	25	25	20

4.2 每天宜采用两餐式放牧，分别于 6:00~8:00 和 16:00~18:00 两个最佳采食时间各放牧 1 次。



放牧数量按公式(2)计算。

$$C_s = \frac{A \times F \times U}{W_s \times 4\% \times D \times 2} \dots \dots \dots (2)$$

地放牧羊的数量，单位为头每公顷每天 (头/hm²·d)；

地的草地面积，单位为公顷 (hm²)；

地产草量，单位为千克每公顷 (kg/hm²)；

单位为百分率 (%)；

，单位为千克 (kg)；

放牧时间，单位为日 (d)。

ICS 65.020.30
B 43

DB22

吉林省地方标准

DB 22/ T 2948—2018

天然、半天然草地牛羊混合放牧技术规程

Technical regulations for mixed grazing of cattle and sheep in natural and semi-natural grasslands

2018-12-26 发布

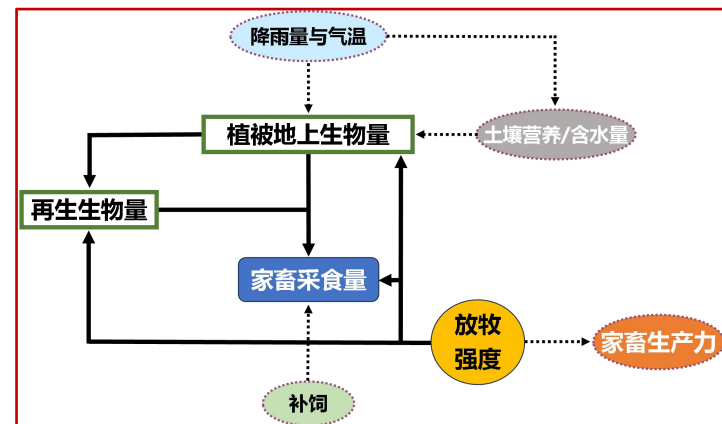
2019-01-30 实施

吉林省市场监督管理局 发布

放牧系统优化

——动态载畜率/混合放牧

解析家畜营养需求与植被季节动态模式，构建反映植被与家畜互作的草地动态载畜率模型



放牧率模型 (Holling II 功能反应模型与Hessian矩阵算法)

假设时间 t 的植被地上生物量为 $N(t)$ ，经时间 Δt 地上生物量为 $N(t + \Delta t)$ 。植被生长满足函数 $F(N)$ ，草畜之间功能反应为 $G(N, H)$ (H ，单位面积家畜数量)，采食作用对植被的生长有一定刺激作用

家畜采食总量模型： $T(N, H) = HG_2(N, H)$

再生草量预测模型： $F(N) = rN(1 - N/K) + r_0$
 $= 0.1519N(1 - N/126.583) + 205.16$

采食速率预测模型： $G_1(N, H) = a(N/H)^2 + b(N/H) + C$
 $= -0.00001(N/H)^2 + 0.1947(N/H) + 23.259$

地上生物量补偿生长模型： $Q(N, H) = N(d(N/H)^2 + e(N/H) + f)$
 $= N(-0.0000001N^2/H^2 + 0.001N/H - 1.7595)$

松嫩草地动态放牧率

若每月放牧30天，放牧3小时，放牧作用效果可以叠加，则月动态放牧率如下：

当5月时，放牧率可以取 0.7 只/ha

当6月时，放牧率可以取 2.4 只/ha

当7月时，放牧率可以取 3.8 只/ha

当8月时，放牧率可以取 6.3 只/ha

当9月时，放牧率可以取 6.0 只/ha

全年平均 3.8 只/ha

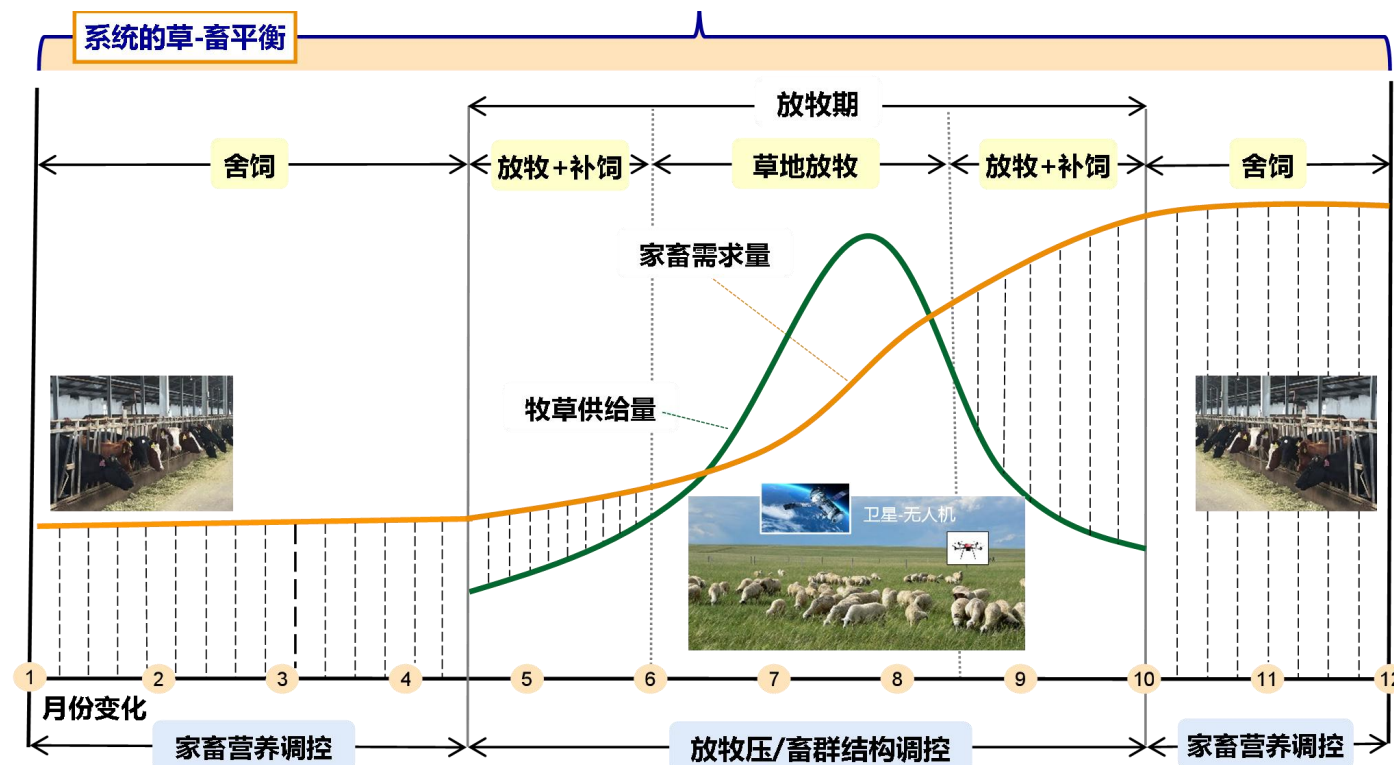


精准放牧模式

高效低碳 “生态-生产” 双赢

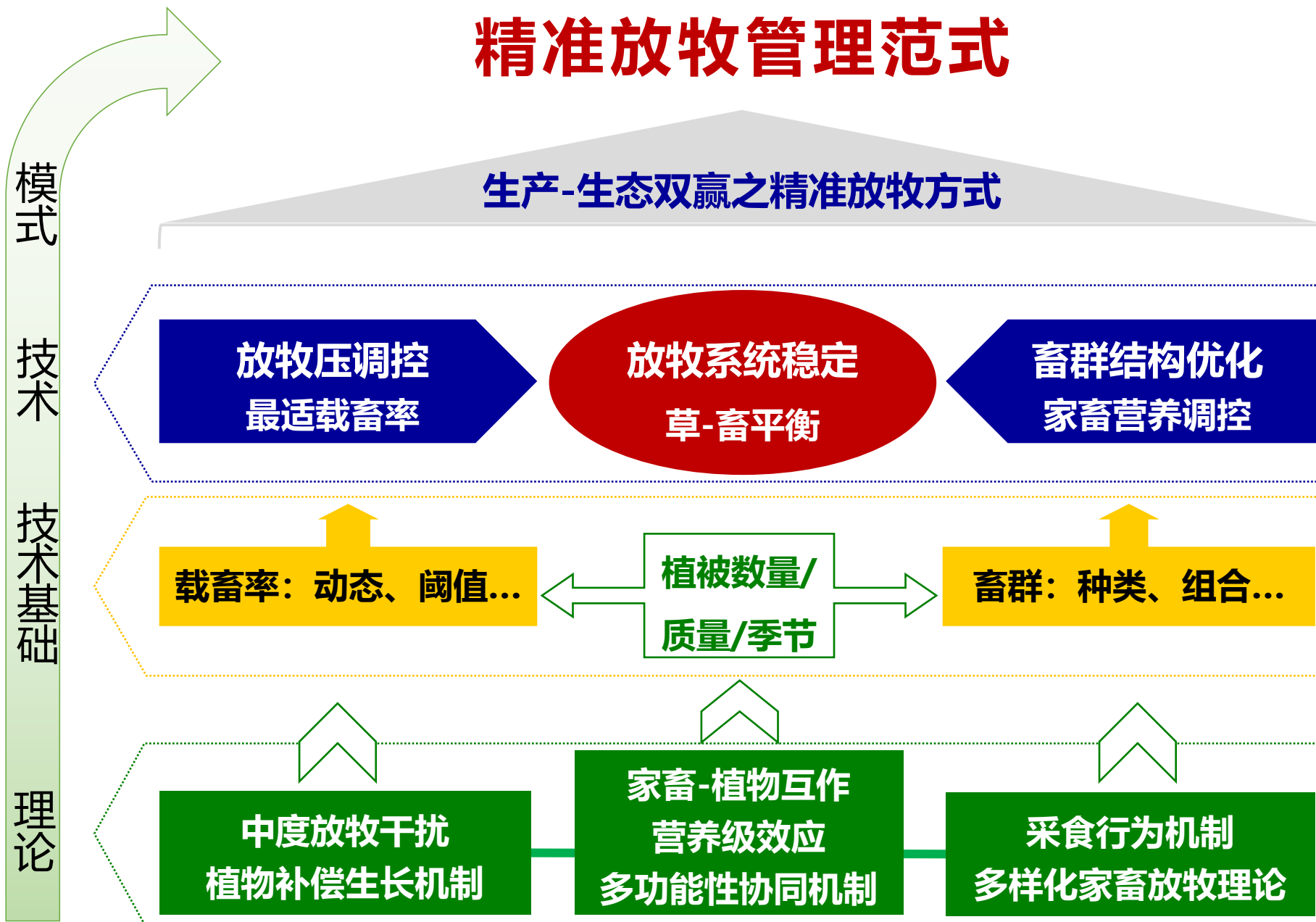


草地放牧 + 补饲模式



精准放牧管理范式

王德利等 2022



草地基础理论探索与关键技术破解任重道远！

人类对草地管理有益于自身命运！

谢谢大家！

