

# 天然草原植被恢复与草地 畜牧业现代技术

编辑委员会：

主任委员：丁连生

副主任委员：王治安 李善堂 何万雄

委员：豆卫 韩天虎 曹文耀 赵军湘  
徐茂如 毛才科 关嵘

主编：汪玺

副主编：张德罡 李春云 张子廉

编者：徐长林 姚拓 蒲小鹏 曹永林  
李春涛 裴成芳 张起荣 潘正武

甘肃科学技术出版社

书 名：天然草原植被恢复与草地畜牧业现代技术  
作 者：汪玺  
出版项：甘肃科学技术出版社，2004  
ISBN号：7-5424-0970-0 / S81  
定 价：CNY25.00

# 《天然草原植被恢复与草地畜牧业现代技术》

## 内 容 简 介

我国有 4 亿公顷天然草原，占国土面积的 40%，这些草地资源主要分布在我国青藏高原、蒙新高原及黄土高原。它不但与当地的经济发展密切相关，而且直接影响着我国东南沿海以及全亚洲的生态环境。

近几十年来，随着地球变暖等自然因素的影响和人口增加、草地载畜量增大等人为因素的影响，天然草原出现全面退化，主要表现在水土流失严重，草地生产力降低；有些地方鼠虫病害增多，沙尘暴肆虐，草地出现沙化、石漠化、荒漠化等退化现象，这种形势若不改变，将会带来严重的生态灾难。

我国政府十分重视草原退化问题，在全国各主要牧区县实施天然草原植被恢复与草地畜牧业现代化建设项目，这些项目的实施需要现代化科学技术，并且将这些科学技术通过培训等手段让广大牧民来掌握，让牧民参与这些实施，为此，产生了《天然草原植被恢复与草地畜牧业现代技术》这本培训教材。

本书共分 11 章，第 1 章为草原管理技术；第 2 章为草原改良技术；第 3 章为草原围栏技术；第 4 章为草地有害生物及其防治技术；第 5 章为草原监测技术；第 6 章为草地遥感技术；第 7 章为人工草地建设技术；第 8 章为草产品加工技术；第 9 章为草地放牧；第 10 章为舍饲技术；第 10 章为草食动物的饲料配制；第 11 章为草地安全畜产品生产技术。

本书内容经过项目区技术培训中的应用，认为符合我国北方牧区实际情况，技术先进，现出版发行目的是在全国牧区推广应用。

# 前 言

草原是具有多种功能的特殊资源，在国民经济发展和生态环境建设中具有重要的地位和作用。草原是我国面积最大的生态屏障，保护和建设好草原，事关国土治理和生态安全。

作为重要自然资源的草原（包括人工草地），如果从自然资本（在某一时间具有的物质或信息的存量）、生态系统服务（自然资本及其与制造业资本和人力资本相结合产生的人类福利）和功能（生态系统的生境、生物学性质或生态系统过程）的角度来考量，草原生态系统服务与功能可概括为：1. 大气成分调节：贮存  $\text{CO}_2$ ，调节  $\text{CO}_2/\text{O}_2$  的比率和大气化学成分；2. 气候调节：辐射、温度、降水、湿度、蒸发及其他气候要素的调节；3. 水调节：水文流调节、水源涵养；4. 控制侵蚀和保持沉积物：生态系统内的土壤和水分保持；5. 养分获取和循环：固氮、氮、磷和其他元素及养分循环；6. 废物处理：过多或外来养分、化合物的去除和降解等；7. 传粉：有花植物配子的运动，促进植物种群繁殖；8. 基因资源：特殊性质材料基因和驯化物种；9. 食物生产：人类的植物性与动物性食物；10. 饲草和原材料生产：饲草、燃料与药材等；11. 生存和避难场所：为植物提供生境；为定居和迁移动物提供栖息地和育幼地；12. 生物控制：通过营养动力学控制与调节各营养级的动物种群数量；13. 游憩和娱乐：提供户外和绿色的休闲、旅游和娱乐条件；14. 文化：民族和特种文化传统、艺术和科学等的载体。

据国际权威刊物《自然（NATURE）》报道，世界草原生态系统的上述自然资本和服务的综合平均价值为 232 美元/公顷<sub>i</sub> 年，约合人民币 128 元/亩<sub>i</sub> 年。

我国有 4 亿公顷天然草原，占国土面积的 40%，这些草地资源主要分布在我国青藏高原、蒙新高原及黄土高原。大多属边疆和少数民族聚居区，是牧民赖以生存的基本生产资料，草原畜牧业是牧区经济的支柱产业，关系到民族团结和边疆安定。有效保护、建设和合理利用草原，对于加快牧区畜牧业发展，提高广大牧民生活水平，促进民族地区经济繁荣和社会进步，加快西部地区发展，缩小东西部地区差距，加强民族团结，保持社会稳定，具有重要意义。

近几十年来，随着全球气候变暖等自然因素的影响和人口增加、草地载畜

量增大等人为因素的影响，天然草原出现全面退化，主要表现在水土流失严重；草地生产力降低；有些地方有毒有害植物及鼠虫病害增多，沙尘暴肆虐；草地出现荒漠化、石漠化、沙化等现象，这种形势若不改变，将会带来严重的生态灾难。不但影响当地的经济的发展，而且还直接影响着我国东南沿海地区以及全亚洲的生态环境。

我国政府十分重视草原退化问题，在全国各主要牧区县实施天然草原恢复与草地畜牧业现代化建设项目，这些项目的实施需要现代化科学技术，并且将这些技术通过培训等手段让广大牧民来掌握，让牧民参与这些项目的实施，为此，甘肃省天祝藏族自治县畜牧局委托甘肃农业大学草业学院负责编写本书作为培训教材。

本书共分 11 章，约 36 万字。内容包括：草原管理技术；草原改良技术；草原围栏技术；草地有害生物及其防治技术；草原监测技术；草原建设中的 3S 技术；人工草地建设技术；草产品加工技术；草地放牧；舍饲技术；草食动物饲料配制技术；草地安全畜产品生产技术。本教材反映近年来国内外先进技术和经验，重在实践，重视生产。

本书内容在项目区基层技术人员和牧民中进行了培训。经过培训实践，广大干部和牧民认为该教材内容适合我国北方牧区生产实际，技术先进，可以在同类牧区推广应用。现出版发行希望在我国草原建设中起到一定的作用。

本书在编写过程中得到了甘肃农业大学草业学院以及甘肃省天祝藏族自治县畜牧局领导及同志们的支持和帮助，我们谨表谢意！

书中疏漏和不足之处在所难免，希望广大读者在阅读和利用中提出宝贵意见。

编 著 者

2004 年 9 月 兰州

# 第1章 草地资源管理技术

## 1. 草地与草地资源的概念

草地在世界各地普遍存在，因植被类型组成和经济生产水平存在差异，在世界各地形成了风格迥然不同的草原风情文化，这是人类文明不可缺少的组成部分。所以，正确认识草地与草地资源，进行科学管理，对草原地区经济和生态的可持续发展有十分重大的意义。

### 1.1 草地

草地与草原，在国内外常常互用，其他同义语还有草场、草山、草坡、草库伦等。

草地或草原的定义是：主要生长草本植物，或兼有灌丛和稀疏乔木，可以为家畜和野生动物提供食物和生产场所，并可为人类提供优良生活环境、其他生物产品等多种功能的土地；生物资源和草业生产基地。

草地生产实质是以草地和家畜为主体所构成了一种特殊的生产资料，它具有从日光能和无机物，通过牧草，到家畜产品的系列能量和物质流过程。

草地作为一项世界上面积最大的土地；生物资源，除了传统的生产饲用植物以供家畜放牧或刈割后饲喂家畜，以生产畜产品的功能外，在当今还有牧养野生草食动物，为野生非牧养动物（如食肉类、鸟类和昆虫等）提供栖息地，以景观和绿地环境为人类提供旅游、娱乐和休息地，提供野生药材、花卉和工业原料，保存和提供遗传资源，保持水土和恢复被破坏的土地等多方面的功能。

### 1.2 草地资源

天然草地是自然界中存在的、非人类创造的自然体，它蕴藏着能满足人类生活和生产需要的能量与物质，是一类自然资源。只有当人类去开发利用，能产生产品和效益，使草地蕴藏的生产价值得以体现，才能成为现实的草地资源。

概括而言，草地与草地资源的根本区别在于：草地是一种自然体，是自然界存在的各种类型、分布于各地的草地的泛称，它只有蕴藏的生产能力；草地资源是经过人类利用、经营的草地，是生产资料和环境资源，是有数量、质量和分布地域的草地经营实体，使草地蕴藏的生产能力变为现实生产力。由于受开发利用条件与程度的制约和影响，在具体地段、具体时间内所能表达的生产力，与草地蕴藏的生产力还不尽相同，既可能是尚未充分发挥，也可能用之过度。同时，草地资源的内涵，随着生产的发展，应该扩展为一切天然、人工、副产品饲草料资源的总体。

由于在现今的自然界中完全脱离人类经营影响的草地自然体已很少见，在我国藏北

高原、内昆仑山、阿尔金山高山无人区还有存在，天然草地基本都已具有资源的意义，因此，草地、草地资源常被混用。强调区别草地与草地资源，不仅仅是从科学概念上，更是着眼于突出资源的生产性与经济、生态意义。强调把草地自然资源经过人类利用、经营转变为产业、产品和效益，变为现实的草地资源，改变传统的偏于自然体的局限，这是一个很重要的认识和学科发展。

草地资源经过人类经营，形成产品是一个生产和经营过程，习惯上称为草地生产。现阶段，草地生产已在世界范围内发展成了一个产业，即草产业，由于发展潜力很大，被誉为当代中国的朝阳产业。

草地资源具有下列一些基本特征。

### 1.2.1 草地资源构成的整体性

草地资源在构成上是由气候资源、土地资源、生物资源等自然资源和人类生产劳动要素有机叠加的总和，是具有新的特殊功能的复合型资源。如果构成草原的四种因素中有一种发生了变化，就会影响草原的整体，使之发生相应的变化，这样草原生物和环境间的相互作用，构成了草原生态系统。

### 1.2.2 草地资源分布的地域性

由于日地关系和地球本身的一些特点，导致地面太阳辐射、陆地距海洋距离、海拔高度等发生变化，在地球上形成了多种多样的生态环境，造成草地资源质量的差异性，草原的地域性是草原基本特征中最明显的一种特征。

### 1.2.3 草原生产潜力的可更新性

只要在合理的经营管理条件下，草地资源是可以不断更新的。

### 1.2.4 草原发展过程的不可逆性

在人类的生产干预下，草原的发展变化趋势将越来越迅速，越来越激烈，这种运动过程是绝对的。

### 1.2.5 草地资源的数量有限性和生产潜力的无限性

草地资源数量本身是有限的，但随科学技术不断应用于生产，将会综合地提高草原生产能力。如人工草地，就是人类创造出的新的草地资源。

全世界的三大农业自然资源中，草地面积最大，森林次之，耕地最小。全世界的草地面积为 68.12 亿公顷，（含疏林地 13.72 亿公顷），占地球陆地面积 51.88%，草地、森林和耕地面积之比约为 4.6:2.8:1。中国拥有草地资源 4 亿公顷，占国土面积 40%，是农田面积的 3 倍，是森林面积的 3.6 倍多。

从草地的现实存在来看，它的分布范围远比耕地和森林为大。因为农业和林业对环境的水、热条件有一定的要求，所以耕地和森林在世界的分布环境条件有一定的限制。草地畜牧业由于利用的主要是当地土生的饲用植物，任何有饲用植物群落存在的地方，都有草地的存在。草地对环境水、热条件的广泛适应性，使世界上存在有繁多的草地类型和相应的草地畜牧业生产类型。

草地的植物量很大，全世界的植物量（植物生物量）为  $1.17 \times 10^{12} \sim 1.27 \times 10^{12}$  吨/

年,其中 36%~74%为森林植物量,36%~64%为草地植物量。其他研究资料表明,在相同的环境条件下,森林和草地的植物量是十分接近的。这是因为在干旱地区,草地的地上植物量很小,而地下植物量很大;森林地上植物量是多年的积累,而草地多是一年的积累。

我国牧区草地分布于 11 个省(区),最大面积为西藏,其次为新疆,第三为内蒙古,第四为青海。此外,还有四川、甘肃、宁夏、黑龙江、吉林、辽宁及河北的牧区及半牧区县(旗)共 260 多个。南方草地分布比较零散,多在山区及丘陵区,这些草地广泛分布在 1000 多个县市中。今后若将南方热带、亚热带山区及丘陵地区的草地充分开发利用,饲养草食畜禽,则全国家畜饲养量将会增加一倍,前景十分广阔。

## 2. 草地资源管理

从当前世界草业的发展现状来看,天然草地和人工草地资源的功能和用途呈现多样化,不仅体现在牧草和其他植物性物质生产的能力,也有家畜和野生动物等动物性物质生产的能力,更有保护环境,维护生态平衡,形成绿色景观和提供优良生活空间的功能和用途,还有利用草地的草畜产品及特产品进行加工、交换、流通的功能。如何科学地利用草地资源,这就是草原管理的主要内容。

### 2.1 草地资源管理概念

草地资源管理是草原管理学研究的主要内容,它是农业科学的一个特殊分支,所叙述的就是如何管好用好草地,用好这种自然资源,是当代草业发展中的重要问题。草原管理学就是以生态学和经济原则相结合为基础,来阐述草地管理的一门学科,研究怎样改进草原以提高其生产力,怎样适当地利用草料以饲养牲畜。在保持并提高生产力的原则下希望能获得最高额的畜产品。这一论述现在看来基本上仍然是正确的,但由于生产水平和科学的发展,现代草原管理学是以草原生态系统的基本规律为理论来改造草原,使它在最大限度地生产畜产品的同时,得到多种目的的综合利用,并能长期保持和不断提高其生产能力,达到新的生态平衡。

### 2.2 草地资源管理的意义

看一个国家农业发展的情况,不仅要看粮食作物和经济作物发展的如何,还要看畜牧业发展的情况和它在整个农业中所占的比重。畜牧业不仅为人民提供肉、乳、蛋等食品,而且还为轻工业提供原料。因此,畜牧业的发展是关系到发展国民经济,增加外贸出口,加强城乡关系,提高人民生活水平的一件大事。在发达国家中,草食家畜所提供食物蛋白占全部食物中动物性蛋白质的 55%~60%或更高,而我国目前草食家畜所提供肉食只占全国肉食的 20%,与外国草地大国相比差距很大。

家畜以草为食,草是发展养殖业的物质基础。要发展我国的动物性生产,就必须先发展草业,即应首先发展作为草业支柱的草地生产。只有草地通过牧草以二氧化碳和水为原料,利用光合作用不断地合成有机物,将家畜无法利用的日光能转化和固定为化学

能，从而造就了发展动物性生产的物质源泉。就我国动物性生产的实况而论，农区的养殖业，其饲草料主要依靠副产品及暂时草地生产的饲草。广大牧区饲草来源则主要是天然草地，而镶嵌分布于农区、农牧过渡区的草山、草坡，则是放牧畜牧业的主要饲料来源。因此，要发展我国的畜牧业生产，为人类社会提供优质丰富的肉、乳、蛋、皮、毛等的供给，巩固和发展草地这一基础是十分重要的。合理利用高产草地、培育和改良低产草地、创建稳定高产的人工草地、维护草地农业生态系统的稳定与高产出，始终是草业管理的重要内容，是草业工作者为之不懈奋斗的目标。

20 世纪以来，随着工农业生产的发展和科学技术革命的深化，人类在各个领域对地球自然资源的利用和干扰日愈深化，这种自觉或不自觉的对人类赖以生存的生态环境的干扰和自然资源的不合理利用，森林的乱砍乱伐，草地的过度利用，无序的围垦造田，造成自然生态平衡失调而出现退化，使当今的人类面临环境遭到严重破坏，危及人类生存的重大挑战。大气臭氧层的破坏、大气环境的严重污染、自然植被的巨大损伤、土地沙化、盐碱化、荒漠化、水土严重流失，以致出现 1998 年我国南北水灾严重危害的被动局面，给人以深刻教训。维护地球生态环境，为人类提供一个良好的生活空间，始终是人类为之**终生奋斗**的事业。

### 2.3 草地资源管理的国内外动态

在草地资源管理的过程中，世界草原畜牧业所占比重较大的国家均做出了贡献。很早以前，随着草地畜牧业的诞生，西欧一些较为发达的国家开始把诸如铲除灌木，草地排水、清除**草丘**等技术用于草地的改良。16 世纪，开始实行草地施肥和补播。18 世纪栽培牧草成为时尚，实行单播、混播，并出现了种子采集，孕育了牧草种子产业。在这一历史阶段，消灭天然植被，建立人工草地，施行草地的治本改良是当时草地培育的主流，19 世纪后才广泛开展天然草地的培育改良工作。

近年来，一方面对饲用植物、土壤及家畜中的微量元素、豆科牧草的利用、草地杂草及灌木的防除等草地植被研究较多，另一方面大大加强了草地合理利用研究力度，通过围栏放牧、日粮放牧、**零牧**等措施，力求达到草地的高度集约利用。以畜牧业为主的先进国家，如新西兰、澳大利亚等国家，在牧草育种、种子繁殖和建立人工草地方面做了大量工作。它们对围栏放牧、草畜平衡、集约经营等方面予以充分关注，将草地培育的研究提高到能量转化与物质流转为基础的草地生态系统的高度，从而使草地管理走向生物计量化、生态系统化。做到草地培育的系统管理、模式经营，使草地畜牧业达到极高的效率。为使草地生产稳定、优质、高产，当今人们更为注重对草地资源的保护。草地农业生态系统的持续发展与保全作为草地保护和培育的总目标和发展方向。

我国的草地管理与利用大概经过了原始游牧、定居**定牧**、人民公社化时期。现代随着草原法的颁布和草原使用权的固定，极大地鼓舞了牧民建设草原、培育草地、发展生产的积极性，逐步创建现代化的、稳定、优质、高产的新型草地畜牧业。

### 3. 草地资源管理的理论基础

草畜生产是地球上最古老的农业生产形式，在长期的生产实践中，人们不断总结草地类型、草地变化、家畜管理等方面的经验知识，逐渐形成了草原管理的一些基本理论。

#### 3.1 草原(或草地)的形成

##### 3.1.1 草原形成的因素分析

草原成因理论就是研究草原发生和发展规律的学说。草原生产历史悠久，在长期的生产实践中，人们对草原植被的认识不断丰富和深化，最终形成了对草原最本质的认识，这就是草原发生与发展理论的雏形。

草原是一种生产资料，它是在多种因素的相互作用下形成和发展的。任继周教授等认为大气、土地、生物和人类生产劳动是草地这一生产资料形成和发展的重要因素。其中生物因素是核心，大气因素和土地因素构成草地生物群落的立地条件，生产劳动因素则是通过农牧业生产手段，对草地施加多方面的影响，并不断改变着草地生产能力。

##### 3.1.2 草地形成的气候因素

气候因素对草地类型的形成和发展起着支配的作用。其中水热状况以及两者的配合特别为人所重视。在草地综合顺序分类法的类型体系中，温度（热量级）和水分（湿润度）是划分草地类型 $j_1, j_2, \dots, j_n$ 类 $j$ 的依据。

大气因素系指大气成分、气流、日光、温度、湿度、蒸发、降水等气候要素，它们对生物界具有广泛而深刻的影响，在草地形成和发展中，成为最基本的因素。大气因素中热量和水分的不同，决定了草原牧草与家畜生物气候的最本质特征，它决定了绿色植物光合作用的数量和分布，这是整个生态系统存在和发展的前提基础；它还影响着草原分布的地带性，影响草地的生产能力和生产措施的应用。

##### 3.1.3 草地形成的土地因素

土地因素包括土地和地形在内的诸因素。在平原开阔地带，地形的意义较小，土壤的作用是主要的，而山地地区，土壤的作用较小，地形则起主导作用。它对地带性的水热条件进行再分配，它直接体现着局部草原的光、热、水分和肥力的具体状况，是草原生物赖以栖居、生活和生产的场所。

##### 3.1.4 草地形成的生物因素

生物因素是草原的主体，它在草地的形成和发展中起核心作用。虽然在很大程度上，它受着大气因素和土地因素的影响，但同时在一定程度上可影响土壤形成和地形的形成，还可调节气候，影响大气因素。人类的社会生产活动也只有通过生物因素才能对草地的形成和发展起作用。

生物因素包括多种植物、动物和微生物。生物因素中的动物和植物之间的关系，是生物因素中的最主要的矛盾，主要表现在家畜对植物具有依赖性，同时家畜担当草原初级生产能力转化为社会产品的桥梁。它们之间复杂的相互关系可以归纳为六类矛盾。

- (1) 动物与植物之间的矛盾。
- (2) 动物与动物之间的矛盾。
- (3) 植物群体内部的矛盾。
- (4) 植物群体与植物群体之间的矛盾。
- (5) 植物个体内部的矛盾。
- (6) 动植物与微生物之间的矛盾。

生物因素内部，植物生产与动物生产之间的矛盾，所包含的内容有三个方面，即两者在时间、空间和种间的相互制约与联系。

(1) 时间：植物生产有明显的季节性，而动物生产则表现出相对的稳定性。二者之间的明显的不协调关系，在草原生态系统的能量与物质流程中产生供求矛盾。在生长季节是草多质好，处于 $j$  盈供 $j$ ；而枯草季节是草少质劣，处于 $j$  亏供 $j$ 。盈供时一部分植物产品利用不完造成浪费；亏供时因饲草不足，牲畜春乏死亡造成畜产品的损失。在草地形成和发展过程中，这一矛盾一直占主导地位。目前看来，草地生态系统中能量与物质的转化率仍然很低。最高不过 16%左右，生产的潜力很大。

(2) 空间：草畜关系在不同草地类型或地区的表现形式，也就是动物的地理分布与植物的地理分布相适应。一定的空间，应当有最适宜的动植物分布数量，草地生产能力才能得到充分有效的发挥。只有当动物的数量与植物的数量结合适当时，才能使单位面积上草地生产能力达到最高水平。

(3) 种间：根据草地生态系统的原理，一定的植物种群组合，应与一定的草地类型相适应。依靠这些植物作为饲料的草食动物，也应有一定的动物种群组合，草地生产潜力才能充分发挥。试验资料表明，恰当的动植物种群组合，可使草地生产能力有较大幅度的提高。

总之，动物与植物之间相互关系的规律，是生物因素中各项矛盾运动的基本规律，必须深入加以研究和探讨，才能为草业生产开辟新的道路。

### 3.1.5 草地形成的生产劳动因素

生产劳动因素主要指人类的经济生产活动，生产劳动因素渗入到草原发展中后，改变了草原仅作为一个自然体存在的面貌，草原不仅成为了劳动对象，在一定意义上也是劳动的产物，这也是农学意义上草原的实质所在。它不仅通过生物因素加工草地，同时还通过改变气候和土地的手段间接地影响植物与动物的生产。在人类社会出现以前，这一因素的作用是不存在的。随着人类社会生产力的发展，它的作用影响力也日益广泛而深刻，以至到现阶段，我们难以找到一处不受人类生产活动影响的草地了。

以上四项因素在草地形成和发展中的特殊作用，是不可代替的。就其内部关系来看，生物因素处于核心地位，它的内部诸矛盾构成了草地形成和发展的内因与根据。气候因素和土地因素为草地生物群落供给能源、营养物质并构成立地条件，它们是草地发展和形成的外因与条件。彼此依存，互相制约。在人类社会以前，正是由于这种生物群落与其立地条件之间的矛盾，即生物因素与非生物因素之间的矛盾，成为草地自然体不断变化、发展的动力。人类社会出现之后，人类逐渐地把草地自然体当作一种特殊的生产资

料而加工。经过漫长时间的过渡，草地逐渐脱离其j 自然体j 状态，成为今日拥有最新科学技术支持的知识密集型的产业。人类在历史长河的岁月中，逐步地认识了自然，并逐步地掌握草地生产的规律，通过植物生产和动物生产的活动，改造草地，推动了草地的发展。

## 3.2 草地演替

草地是一个复杂的矛盾统一体，无时无地不在发展变化中。有时植物愈益繁茂，土壤愈益肥沃，家畜愈益发展，有时却走向相反的方面。草地这种新陈代谢的现象，即一种植被类型被另一种植被类型替代的现象叫做演替。

植物演替是草地生态系统内、外因素综合作用的结果，由于矛盾的复杂性，草地才演替发展成现在的不同类型和生产力状况。从草地演替的方向来分，将有利于生产的演替，通常称为进展演替；相反，则称为退化演替。

### 3.2.1 自然演替

这里把生草土演替作为草地自然演替的实例。天然草地植被在没有人类活动的干涉下，经过一个时期，由于植物本身生命活动而引起生境条件的改变，便可引起植物本身的更替。在这个过程中（即生草土形成过程）禾本科牧草起着主要作用。

多年生草类的主要特性是在土壤中积累死的有机物质。多年生草类的地上部分、部分根及根茎在每年初冬，稳定严寒到来时死亡。由于这时土壤温度低，死亡的部分不能进行分解，而以有机物质状态一直保留至春天。春天，土壤过分潮湿，进入土壤的空气少，在土壤中只能进行有机物质的嫌气性转化过程，分解速度可能慢，随着土壤的干燥，好气性细菌开始分解，有机物质变成植物可利用的水溶性化合物。但这时空气也仅能进入土壤表层，所以大部分死亡的根仍处于未分解的状态，而积存于土壤中。同时新的根系和根茎又不断发育，到冬季来临时又死亡，这样有机物便逐渐增加，土壤变得坚实，土壤理化性质恶化，因而便发生一类植物为另一类草地所更替的现象。生草土形成过程的自然演替可分为三个时期：

#### 3.2.1.1 根茎时期

植物以根茎禾本科草类为主，根茎和分蘖节位于3—5厘米的土壤中；牧草产量较高，品质较好，但由于生草土刚形成，不耐践踏，因此，加强放牧管理，防止草地被踏实以及进行土壤通气、施肥和防除杂草等有着明显的改良效果。

#### 3.2.1.2 疏丛时期

这一阶段的植物是以疏丛状禾本科草尖（鸭茅、早熟禾等）为主。随着有机物质的进一步积累，生草土层的增厚，水分增多，土壤更加紧实，通透性进一步恶化，使有价值的禾本科和豆科牧草衰退，而被分蘖节位于地表的密丛状禾本科草所代替。疏丛阶段牧草发育较好，植物茂密，产量高，因含有大量豆科牧草，品质较好。所以，草地从根茎时期过渡到疏丛时期是饲养价值最高的时期，割草和放牧均可。

#### 3.2.1.3 密丛时期

这一时期的特征是密丛禾本科草占优势。密丛时期饲草产量不高，用于放牧，应采

取有效的改良措施。

### 3.2.2 利用演替

#### 3.2.2.1 撂荒地的演替

草原开垦未种植农作物或不再种植农作物，称为撂荒地。

在森林草原和干草原地带的黑土和栗钙土上，在自然状态下，撂荒地的恢复过程大致可分以下几个阶段。

(1) 高大杂草阶段：弃荒后的第一年主要生长着茂盛的一年生杂草，如灰藜、钾猪毛菜、狗尾草属、蒿属、山芥属、一年生雀麦、大麻属等。不同撂荒地上具体的植物种类要看杂草的种子来源而定。

从第二、第三年起，多年生高大杂类草开始占优势，如田薹、冷蒿、早蒿、茭蒿、草木樨、欧大戟等。根茎的禾本科草类出现，如葡冰草、赖草、无芒雀麦等。如果在田间混杂有这些草类，有时它们在第一年就可以出现。

这类草地产量高，但质量粗糙，适口性差，可饲养马和羊。能制成优良的青饲料，也可作放牧地利用。有禾本科草类混生的这种草地被认为是很好的放牧地。但雨天不能放牧，因这时土壤松软，家畜的脚易陷入土中，破坏草地。

(2) 多年生植物根茎阶段：在第 4~5 年（有时早些），葡冰草开始在草群中占优势，而在栗钙土则是赖草占优势，在碱化土上，通常没有根茎禾本科草类阶段，并且撂荒地长期以粉绿蒿占优势。根茎禾本科草的撂荒地，在草原地带是最有价值的饲料地，可以用作割草地和各种牲畜的放牧地。

(3) 生草土的丛生禾草阶段：土壤变紧实以后，在黑钙土上出现细叶早熟禾，而根茎禾本科和蒿草逐渐稀疏，到 7~9 年，出现成生草土的禾本科草类（羊茅和针茅），到 10~15 年，它们便占优势，此时撂荒地与草地原有植被几乎没有差别了。

#### 3.2.2.2 割草地的演替

割草主要影响草地植被，影响群落的种类成分，各个种及各生物学类群在草群中的丰富度和发育强度。刈割对土壤及生草土没有直接的践踏影响，但割草以后，草地的枯枝落叶层减少，土壤表面裸露，地温提高，土壤变干，趋于旱化，并因降雨而使土壤变得紧实。

经常重复地割草可引起植被如下的变化：

(1) 经常的割草影响灌木的正常生长发育，严重时引起衰退或逐渐消失。

(2) 一二年生高大杂类草，由于割草失去产生种子的机会，在草群中种子数量逐渐减少。二年生及多年生的具有须根和圆锥根的高大杂类草（如伞形科和菊科）及靠种子繁殖的高大杂类草也受到抑制。

(3) 高大杂类草的减少或衰退，使草群下部可以受到充分的光照，为禾本科牧草的分蘖创造了有利的条件。

(4) 根茎状和根蘖性杂类草新枝形成的作用得到加强，增加了在草群中的数量。这些草类开花和结果实的能力较强，能进行天然下种，在群落中比较稳定。

引起割草地退化演替的原因主要有以下几点：

(1) 由于强度的利用,被割的植物缺乏营养更新与复壮的机会,减少了植物体内贮藏营养物质积累的数量,因而影响植物的越冬和翌年的再生,降低植物的根茎繁殖能力和生活力。

(2) 由于经常早期利用(结实以前),减少了种子繁殖机会,因而不能进行种子更新,如有的豆科植物。

(3) 由于年年刈割,并兼用刈割后再生草,从土壤中带走大量植物生长需要的营养物质(如氮、磷、钾等)使土壤逐渐瘠薄。

(4) 有些地区如内蒙古东部,由于刈割,降低草地的积雪能力,土壤蓄水量显著减少,春季蒸发量增加使土壤旱化,生草土紧密,从而使植物受到抑制,降低以后年份的产量。

割草地的退化反映在产量上是逐年下降,尤其是产量中的优质牧草下降得更为明显。

### 3.2.2.3 放牧地的演替

放牧家畜通过采食牧草、畜蹄践踏及排泄粪尿等活动,对草地产生明显而深刻的影响。与此同时,草地对放牧亦给予缓慢而持续的反应。

(1) 放牧地演替的时间特性:在时间上,植物的生活有明显的季节性,这就是草原的物候现象,一般草本植物多在土壤有足够的水分,温度达到 $3j\ 5^{\circ}\text{C}$ 时才开始萌动,并进入生长期,水热条件都适应时,可以达到最高均生长最。但当这些条件极端不具备时就进入休眠期,这时牧草枯黄或停止生长。我国的西部和北部草原,寒冷的枯草季节可以长达半年以上。植物生长有这样明显的季节性,而家畜则需要长年吃草,即使在枯草季节,家畜仍必须采食牧草,以获得一定水平的营养。在暖季,牧草量多质好,家畜能吃好吃饱,膘肥体壮,而到冷季,则牧草量少质劣,家畜陷于饥寒交迫之中。这时放牧地饲用植物的供应,与家畜需要之间产生了供不应求的严重矛盾; $j\ j$ 牲畜饲料的不平衡。到冬春枯草季节,家畜往往出现体重下降,产品质量降低,以致**乏弱**致死,这就是历史上遗留下来的 $j\ j$ 春乏 $j\ j$ 问题,在草原生产中是一大**严重阻碍**。

另外,从牧草生长发育的阶段来说,有两个 $j\ j$ 危机时期 $j\ j$ (又叫忌牧时期)。一是牧草秋季结籽和往根部输送养料时期,另一时期是春季牧草消耗根部贮存的养料进行萌发的时期。如果没有合理的放牧制度,不进行放牧地轮换,则牧草在这两个危机时期,年年都被牲畜啃食,践踏,势必促成和加速放牧地退化。一般情况下,春秋放牧地正好在这两个危机时期都遇上牲畜放牧,所以春秋放牧地损害最为严重,退化最快。为了防止这一现象,必须有合理的放牧制度,组织放牧地轮换,辅之以其他适当的更新改良措施 $j\ j$ 如**松耙**、灌溉、施肥、补播等。

(2) 放牧地演替的空间特性:在地区上,由于历史上或自然气候的种种原因,往往存在着甲地区草多畜少,而乙地区草少畜多的现象。前者表现为放牧过轻,后者表现为放牧过重,放牧地和家畜都受到损害,降低了草地生产能力。这种情况,各地都不同程度地存在着。在草原划分为季节牧场进行季节放牧的情况下,往往存在着,夏季放牧地充裕,冬季放牧地不足,春秋季放牧地严重不足。在不足的冬季放牧地和春秋季放牧地上,载畜量过多,放牧过重,造成草地退化。缺水草原的利用问题,也反映出放牧地的

地区不平衡。因此，防止草地的退化演替，解决草地利用的地区不平衡的问题，是草原工作的一项严重任务。

(3) 放牧地演替的种类特性：一般地说，下**繁禾本科牧草**比上**繁禾本科牧草**更能适应放牧。上**繁禾本科牧草**在反复**重牧**之下易于从草群中衰退以致消失，而下**繁禾本科草**在经常利用之下，能保存足够的进行同化作用的叶量，且能很快恢复贮藏营养物质。非禾本科牧草积累贮藏营养物质的过程，积累器官的分布及特点都各不相同。没有根出叶的高大杂类草，大多对刈割或放牧很敏感，而有大量根出叶的牧草较耐牧；匍匐状或莲座丛状植物一般对强度利用较不敏感。

一定的草地类型，有它自己的特定气候、土壤、植被、地形、水源以及经营管理等特点，可以选择最适宜的家畜种类（如马、牛、羊哪种最适宜，在**羊**中又可以选择最适宜在这里饲养的绵羊和山羊的什么品种等），和这些家畜的适当的组合比例。只有这样把各种家畜配合适当，才能使每一类型的草地都得到充分合理的利用，才能充分发挥草地的生产能力。由禾本科、杂类草和豆科草组成的草甸、亚高山及高山草甸以及草山草坡都是**牛**极喜欢的放牧场，**牛**不喜食苦的、气味大的和含盐类高的草类，也不喜食粗糙的有茸毛的草类，**牛**对多数灌木都不喜食。羊的采食范围**比其他牲畜广**，喜食多汁的、含盐的、有气味的各种植物，善于利用**短草**。在放牧牛的放牧地上，配合适当的羊群可以提高载牧量的 40%，而不使放牧地变坏。相反，如不搭配羊群，有些牛不喜食的灌木和高大杂类草往往大量滋生，使放牧地品质降低。随着草地的衰退，生产性能低的家畜取代生产性能高的家畜，这就会使草原生产能力也越来越低。

### 3.3 草地生态平衡

草地生态系统是农业生态系统的—个亚系统。它是由构成草地资源的大气、土地（非生物因素）、动物、植物、微生物（生物因素）及人类经济活动（生产劳动因素）所组成的开放系统。它们通过能量的流动和物质的循环而联结在一起。

一方面是太阳能和无机物通过初级生产者（植物）的光合作用被转化为有机物存留于生态系统中，供给一切生命的需要，另一方面是生态系统中的有机物被各级消费者（动物）摄取，并在转化呼吸和排泄等生理过程中不断地消耗掉。有机物还可通过人类的收获、水的流出等方式从系统中输出。生态系统中的分解者（微生物）又把生态系统中的植物和动物残体分解并转化为无机物，归还给草地，供植物再利用。生态系统中的能量和物质每时每刻都在生产者、消费者和分解者之间不停地流动和转化。这种生产者、消费者和分解者之间的关系就形成了一个复杂的食物链，许多的食物链就构成食物网，形成了能量与元素流通的网络。由于这些复杂的相互关系就出现了生态系统金字塔。

各级生物量或食物链金字塔，在自然生态系统中是无可非议的。但是在人类生产劳动干预下，加上现代科学技术的支持，草地生态系统生产能力不断提高，生产生态效益逐级放大，从而使原来的金字塔改变形状，甚至变成倒金字塔的模式。这就是草地生态系统的效益放大规律。所以，草原工作者不只是着眼于；自然状态；下的种群动态，而更注重在其研究范围内提高产品数量和质量生态经济效益，制定出与利用全部资源（包

括气候资源在内)相关的草原合理计划。

生态系统中几个很重要的过程,即物质的生产、能量的流动、水的运转及营养物质的循环,是研究草地生态系统的有效途径与方法。

草地生态系统应有四个层次。它们是:

(1) **前**初级生产 $i_j$  即大气、土地、植物和动物等形成草原的景观。可用于风景区、研究基地,也可作为休息地和娱乐场所如狩猎、旅游等。作为国家的旅游和自然保护区,可产生良好的生态效益和经济效益。

(2) 初级生产 $i_j$  通过采摘、**割贮**,将植物性产品进行调制、加工,制作成干草、青贮料、草粉及其他加工形态,变成流通商品。

(3) 次级生产 $i_j$  即动物性生产,同时包括草食和肉食动物的生产。在动物生产中,动物利用植物作为食物,与大气、土壤进行气体和矿物质的交换,加上人的生产管理,形成一个广阔的领域。

(4) **后**次级生产 $i_j$  通过社会投入把动植物生产的粗产品变成加工产品。一部分动物产品经过一定的粗加工,即可几倍到十几倍地提高其经济价值。有的粗加工产品再进一步加工,又可成几倍到十几倍地提高其价值。

由于生态系统总是时刻不停地进行着物质循环和能量交换,因此系统内各因素都处于运动的状态。如果生态系统的各因素或成分在一定时间内保持相对协调,使系统处于稳定状态,也就是说该系统中的生产者(绿色植物),消费者(动物)和分解者(微生物)之间,物质与能量的输入和输出,系统各部分的结构与功能,均处于相互适应和协调的动态平衡之中,这就是我们所说的生态平衡。

### 3.3.1 能量平衡

在一般情况下,一个正常运转的生态系统,其能量和物质的输入与输出总是自动趋于平衡,这时动植物的种类和数量也保持相对恒定。但是能量在生态系统各成分之间的流动转移,严格地遵循热力学定律。能量分配按前进方向进行,是不可逆的过程。如绿色植物固定的太阳能,**绝不可能**再返回太阳去。同样,草食动物所得的能量也不能再返还给生产者(绿色植物)。能量从输入,逐级流通,直到输出,能量为单向流,且数量逐级锐减,能流越来越细,直至于废热形式全部散失为止。这是生态系统能量流动的特点。能量来自太阳,经过生态系统暂时固定、流动,最后返回空间。因此。生态系统是一个能量的开放系统,要想维持生态系统功能的正常运行,就必须不断地向系统中输入能量。

### 3.3.2 营养平衡

生态系统中的生物,为了生活和繁殖,除了必须有能量输入以外,还要不断地输入物质。生态系统中的物质,主要指生命活动**必需**的各种营养元素,它们在各营养级之间传递,并连结起来构成物质流。营养物质在一定时间里输入与输出生态系统的平衡状态为营养平衡。

人类从草地生态系统中收获牧草和畜产品,把营养物质带出草地,施肥又把一些营养元素归还给草地。草地的氮素来源主要是生物固氮,其中豆科牧草起着重要作用。如紫花苜蓿固定氮的重量为 220 千克/公顷,三叶草 120~135 千克/公顷,红豆草 245

千克 / 公顷。一般牧草地的氮素转移有两个途径：一部分氮进入牧草被家畜采食后转化成奶、肉、毛等，人类收获这些产品时，即将这一部分氮带出草地，另一部分氮通过家畜的粪便排泄物和牧草残遗物还原于土壤中。据有的资料表明，牧草每年从土壤中吸收五氧化二磷 ( $P_2O_5$ ) 65 千克 / 公顷。假如每公顷放牧 3 头奶牛，其牛奶中含五氧化磷 15 千克，于是 15% 的磷将被运到市场，取走了。也就是说，牧草 1 年从土壤中吸收五氧化二磷的量，在 4 年多一点时间内，就能通过牧草→牛→牛奶，而被全部搬运走了。同样，钾需 5 年多，钙需 8 年左右。因此，放牧草地由于人类收获造成营养供应不足，成了提高草原生物产量的限制因素。

物质平衡规律告诉我们，要维持生态系统的稳定性，保持其动态平衡，必须和系统保持*j* 等量交换*j* 的原则，即从生态系统中取走的物质，还应以适当的形式归还给它。如果某些元素长期入不敷出，势必促成生态系统的退化，以至崩溃。

草地牧草营养物质的补充，主要来源于：

(1) 从水、空气和土壤的原有肥力中补充。

(2) 通过有机物质补充。有机质的来源是动植物尸体，植物根系、凋落物和动物的排泄物等。

(3) 通过施肥来补充。采用农家肥与化肥相结合的施肥方法，满足牧草作物对营养成分的全面需要。

(4) 多种牧草包括豆科牧草在内的混播，增加土壤中氮素和有机质，增加地表覆盖度，减少地表径流和土壤冲刷，遏止营养物质的流失。

(5) 改良措施，如松耙补播、划破草皮、灌溉、除莠等，有利于改善草地土壤的固相、气相和液相的比例，调整土壤营养元素之间的关系。

### 3.3.3 水分平衡

所有的营养物质都以水为介质被带入生态系统，物质循环与水循环是不可分割的。因此，水分循环中的收支状况，与生态平衡是否失调有着密切的关系。

大气降水落到地面后，有一部分渗入地下形成了土壤水和潜水。土壤水和潜水被植物吸收以后，一部分结合在原生质中，成为植物体的一部分，大部分通过植物蒸腾作用，再度进入大气，加速了水循环。

绿色植物对水分平衡具有重要作用。生态系统把将近 40% 的太阳能用于植物的蒸腾作用。据试验，植物每生产 1 千克干物质，平均要消耗 1 吨水。

植物从土壤中取走的水分，主要由新的降雨补给，还有一部分通过灌溉，诸如漫灌、畦灌、喷灌、滴灌等方式补给，及时满足作物对水分和营养需要。生产实践中，采用保水保墒的耕作制度，改变土壤物理性状，增加团粒结构，为接纳和保蓄水分，弥补水分天然供给不足和季节不均具有良好效果。

对于广大草原牧区来说，最大的问题莫过于水土流失和风沙危害。滥伐森林、陡坡开荒、过度放牧、铲草皮、挖树根以及其他对土地资源的不合理利用，都加剧了水土流失过程。保水保土、防治水土流失，是维护草地水分平衡，提高系统生产力的重要措施。