

目 录

绪论	1
一、草地生态学的定义和研究对象	1
二、草地生态学的性质和内容	2
三、草地生态学的发展历史	3
四、草地生态学的发展前景	5
第一章 草地生态系统概论	6
第一节 草地生态系统的基本概念和特征	6
一、草地生态系统的定义	6
二、草地生态系统的组分和基本结构	7
第二节 草地生态系统在自然界的地位和作用	9
一、生物圈的功能单位	9
二、稳定陆地环境保护水域	10
三、天然生物种质资源库和物种演化场地	14
第三节 草地生态系统与人类的关系	14
一、草地生态系统是人类获取动物产品和发展草地畜牧业的基地	15
二、草地生态系统自然保护区与人类的关系	15
三、草地生态系统与运动和游览观光	16
第四节 草地生态系统的形成和发展	17
一、非生命物质运动对草地生态系统环境的影响	17
二、生命物质运动与草地生态系统的形成和发展	19
三、人类活动与草地生态系统的发展	20
第二章 草地生态系统的功能	22
第一节 草地生态系统的能量流动	22
一、能量流动的特点	22
二、能量流动的渠道	23
三、能量流动的过程及其基本类型	24
四、能量流动的生态效率	25
第二节 草地生态系统的物质循环	29
一、水循环	30
二、营养物质循环	31
第三节 草地生态系统的信息传递	34
一、物理信息	34
二、化学信息	35
三、营养信息	35
四、行为信息	35

第四节 草地生态平衡	36
一、草地生态平衡的概念	36
二、草地生态系统自我调节作用与草地生态平衡的关系	37
三、生态平衡的指标	38
四、生态阈限	39
第三章 草地生物群落生态学	40
第一节 草地生物群落的基本特征	10
一、生物群落是生物种群的复杂集合体	40
二、生物群落是有机体在生态上的相互联系	41
三、生物群落中各物种的群落学作用不同	41
四、生物群落是生物与其生存环境的统一体	42
第二节 草地生物群落的结构	42
一、草地生物群落的空间结构	42
二、草地生物群落的时间结构	44
三、草地生物群落交错区和边缘效应	45
第三节 草地生物群落的种间关系	46
一、草地生物群落种间关系的基本形式	46
二、草地生物群落的种间竞争	47
三、草地生物群落的种间共生与寄生关系	48
四、捕食者和被捕食者	50
五、生态位	51
第四节 草地生物群落的动态和演替	52
一、草地生物群落的季节变化	52
二、群落演替理论概述	54
三、群落演替的基本类型	57
四、演替实例	58
第四章 草地生态系统的第一性生产	64
第一节 第一性生产的基本概念	64
一、第一性生产的涵意和意义	64
二、第一性生产的生产量	64
三、生产量的动态	65
第二节 第一性生产的生产力	68
一、生产力的概念	68
二、第一性生产力的测定方法	68
三、国外草地生态系统的第一性生产力	71
四、国内外栽培草地地下部(根系)生物量	75
五、中国天然草地植物群落地上部净第一性生产量	76
六、中国栽培草地植物群落地上部净第一性生产量	76
七、中国部分天然草地植物群落的生物量	78
第三节 第一性生产的生产效率	78
一、生产效率的概念及其估测方法	78
二、影响第一性生产效率的因子	81

三、提高第一性生产效率的途径	83
第五章 草地生态系统的第二性生产	85
第一节 第二性生产的生产者	85
一、反刍动物与第二性生产	85
二、非反刍动物与第二性生产	87
第二节 第二性生产的生产量与生产力	90
一、第二性生产的生产量	90
二、第二性生产的生产力	93
第三节 第二性生产的生产效率	95
一、生产效率的概念及表示方法	95
二、利用草地生产乳品的生产效率	98
三、利用草地生产肉的生产效率	102
四、利用草地生产毛、皮的生产效率	104
第四节 第二性生产效率的影响因素及其提高途径	105
一、影响第二性生产效率的因素	105
二、提高第二性生产效率的途径	110
第六章 放牧生态	111
第一节 放牧生态的有关概念	111
一、放牧地的种类	111
二、牧野的概念	112
三、牧地生态系统与牧野生态系统	113
第二节 人类对牧地生态系统的影响	114
第三节 牧地植物与植食动物的生态关系	115
一、植物对植食动物的影响	115
二、植食动物对植物的影响	118
第四节 饮水对放牧的生态影响	123
一、饮水生态影响的基础信息	123
二、水源分布对消费者的影响	124
三、水源分布对牧草利用的影响	125
第五节 火与牧地和牲畜的生态关系	126
一、概述	126
二、火的有利生态作用	126
三、火的不利生态影响	127
四、烧荒时间的生态效应	127
五、烧荒频率的生态效应	128
六、火对植物新苗生产和饲料质量的影响	128
七、牧地中火因子的一些结论	123
第六节 牧地生态系统的平衡和退化	129
一、亚顶极群落	129
二、牧地退化的信号和进程	130
第七节 放牧生态研究的进展	132
一、国内外有关放牧生态研究的动态	132

二、牧地生态系统中植物组织物质循环的研究	133
第七章 中国主要草地生态系统	136
第一节 温带草原生态系统	136
一、分布与环境特点	136
二、生物群落	138
三、生物生产及食物链	141
四、存在的主要生态学问题	143
五、高效平衡持续发展的途径	144
第二节 高寒草原生态系统	145
一、分布与环境特点	145
二、生物群落	146
三、生物生产及食物链	148
四、存在的主要生态学问题	149
五、高效平衡持续发展的途径	150
第三节 典型草甸生态系统	150
一、分布与环境特点	150
二、生物群落	150
三、生物生产及食物链	152
四、存在的主要生态学问题	155
五、高效平衡持续发展的途径	155
第四节 高寒草甸生态系统	156
一、分布与环境特点	156
二、生物群落	157
三、生物生产及食物链	162
四、存在的主要生态学问题	163
五、高效平衡持续发展的途径	164
第五节 暖性灌丛草地生态系统	164
一、分布与环境特点	164
二、生物群落	165
三、生物生产及食物链	166
四、存在的主要生态学问题	167
五、高效平衡持续发展的途径	169
第六节 热性灌丛草地生态系统	170
一、分布与环境特点	170
二、生物群落	170
三、生物生产及食物链	175
四、存在的主要生态学问题	176
五、高效平衡持续发展的途径	176
第七节 荒漠生态系统	176
一、分布与环境特点	176
二、生物群落	177
三、生物生产及食物链	180

四、存在的主要生态学问题	181
五、高效平衡持续发展的途径	182
第八章 草地生态系统的调控与草地生态工程	183
第一节 草地生态系统的调节与控制	183
一、草地生态系统调控的机制	183
二、草地生态系统的自然调控	184
三、农业技术对草地生态系统的调控	187
第二节 草地生态系统工程理论	189
一、生态系统工程的发展与草地生态工程的产生	189
二、生态系统工程的理论与方法	190
第三节 草地生态工程的应用	191
一、山地以牧草为契机的高效生态网络	192
二、草地生态系统物质能量的分层多级利用	195
三、沙地林草田复合生态系统工程	196
四、林草结合复合生态工程	198
第九章 草地生态系统模型	200
第一节 草地生态系统分析	200
一、系统分析方法	200
二、系统分析在草地生态学中的应用	202
第二节 草地生态系统预测模型	209
一、草地生态系统预测的方法和原理	209
二、草地生态系统中预测的内容与要求	214
三、草地生态系统预测模型的组建及实例	214
第三节 草地生态系统模拟与仿真模型	217
一、草地生态系统模拟	217
二、系统仿真	218
三、草地生态系统模拟与仿真实例	224
四、草地生态系统优化模型	229
第四节 草地生态系统动态模型	232
一、草地生态系统动态模型的组建	232
二、矩阵模型	233
三、草地生态系统动态模型实例	235
参考文献	237

绪 论

一、草地生态学的定义和研究对象

草地生态学 (Grassland Ecology) 是运用生态学和系统论的观点和方法, 研究草地生态系统的结构、功能、生物生产、动态、生态调控, 并探索其实现高效、平衡和持续发展的科学。

需要进一步明确的问题: 什么是草地? 什么是草地生态系统?

尽管国内外对草地 (grassland) 这一客观存在事物曾有过不同的理解和解释, 但比较多的和比较符合实际的认识还是比较一致的。更为趋近的解释为: 草地 (grassland) 是草类和其着生的土地构成的综合自然体, 地 (土地/and) 指的是环境, 草类是构成草地的主体, 是草食动物赖以生存的条件。有的学者 (C. Horton, 1979; R. W. Snaydon, 1987, 等) 还特别强调或重视禾本科草, 这也是有道理的, 因为世界上主要的和大多数草地都以禾本科草为主, 而且禾草在地球上分布极为广泛, 饲用价值高, 对人类的贡献特别大。禾草与反刍动物相联系而存在, 表现为协同进化的关系。有的学者对草类和草地的理解更为广泛, 如 William Davis (1960) 认为“‘草地’一词应包括各种类型的牧场, 其特点是将禾本科、豆科牧草和其他植物结合在一起以供放牧之用。因此, 在这个定义范围内, 草地指的是环境, 而草类是反刍动物赖以生存的牧草”(第八届国际草地会议论文集, 中文本第10页)。不同学者, 出发点不同, 理解可能有一定差异, 但其基本内容是一致的, 即: 草地是草类和其着生的土地构成的综合自然体。强调草类, 并非说草地上没有其他植物, 有些草地常有少量灌木或乔木散生其中, 但仍不失以草类为主。

任何客观存在的自然物, 有其固有的自然属性, 也有其对于人类的经济属性, 从不同的角度出发, 人们就可能给与不同的名称和概念。这里讲的草地概念也主要是就其自然属性而言的。从经济属性来看, 草地用于割草叫割草地, 用于放牧牲畜叫放牧草地, 用于绿化环境叫草坪。

草地包括天然草地 (natural grassland) 和栽培 (人工) 草地 (cultivated grassland), 前者是自然形成的, 后者是人工建立的。

草地是地球陆地上一项巨大的自然资源, 它既是人类发展畜牧业的基地, 也是稳定地球陆地环境的重要条件。据 Horton (1979) 报道, 世界草地 (包括热带草地或称热带稀树草原——savannahs 和温带草地或称温带草原——在不同地区, 人们给与不同的地域名称。在欧亚大陆叫斯太普 (steppes) 草地; 在北美叫普列里 (prairies) 草地; 在南美叫潘帕斯 (pampas) 草地; 在非洲叫费尔德 (velds) 草地) 占陆地面积 (1500000 万 ha) 的四分之一 (约 375000 万 ha)。加上草甸 (meadow)、森林区的次生草地 (secondary grassland) 和可利用的稀疏矮灌丛 (dwarf and open scrub) 约 502500 万 ha, 占世界陆地面积的 33.5% (Lienth, 1975)。此外, 全球约有 15%—20% 的耕地用来种植牧草 (E. F.

Henzell, 1981), 建立人工草地。我国草地面积达 4 亿 ha (包括部分灌丛和灌丛荒漠牧野), 占国土总面积的 41% (李博等, 1991)。由此可见草地既是世界也是我国的一项重要自然资源。

上述草地中尤以温带草地占比较重要的地位, 世界草地的 30% 分布于温带地区, 而温带草地维持了世界反刍动物的 35% 的牧草需要 (Reid and Jung, 1982), 主要反刍动物为绵羊、肉牛和乳牛。

草地与人类生活的关系非常密切, 它通过家畜为人类提供乳、肉、脂肪、毛皮及其他需要 (热能、动力、肥料等); 还为人们提供旅游观光、运动及娱乐的场地, 也可为人类保持一个良好的生存环境。

草地上的植物、家畜、野生动物和微生物共存于同一环境之中, 彼此间相互适应, 相互依存, 以绿色植物为基础, 在它们之间进行着以下几个过程:

物质的生产 (Production of matter);

能量的流动 (Flow of energy);

水的运转 (Flow of water);

营养物质的循环 (Cycle of nutrients)。

近年又提出信息传递或称信息流 (Flow of informations)。

这样一种草地生物群落和环境结合并具上述功能的综合自然体叫做草地生态系统 (grassland ecosystem), 也就是草地生态学的研究对象。

二、草地生态学的性质和内容

草地生态学为生态学的分枝学科, 属于应用生态学的范畴, 它以生物学、地学和普通生态学为基础, 与农业生态学和景观生态学相联系和渗透, 为草地畜牧业及自然资源的管理和环境保护提供草地生态学的基础理论和相应技术。

草地生态学是高等农业院校草地 (原) 及畜牧专业必修的专业基础课, 也可作为生态、农林、自然资源 and 环境保护等专业的必修课或选修课。其教学目的在于使学生通过本门课程的学习, 了解、熟悉和掌握草地生态学的基础理论、知识和技能, 培养学生应用草地生态学的基本原理, 综合分析和解决草地农牧业生产、资源管理和环境保护中的生态学问题的能力。

草地生态学的内容包括:

草地生态系统的概念、结构、在自然界的地位和作用, 与人类生活的关系, 草地生态系统形成和发展的机制、动力和影响因素;

草地生态系统的功能和生态平衡的原理;

草地生物群落的特征、结构、分布、种间关系, 群落动态和演替的基本原理;

第一性生产的生产力、生产效率和提高生产效率的途径;

第二性生产的生产力、生产效率和提高生产效率的途径;

放牧生态, 牧地生态系统的组分及其相互影响, 草畜关系的矛盾和统一, 放牧生态研究进展;

中国主要草地生态系统的结构、功能、生物生产、存在的生态学问题和实现高效平衡

持续发展的途径；

生态调控的原理、草地生态工程和现代草地畜牧业建设的生态学基本理论和方法，草地生态系统模型的组建和应用等。

草地生态系统不是孤立存在的，经常与其他生态系统相互联系、相互渗透、相互制约，因此，草地生态学还须研究草地生态系统与其他生态系统之间的相互关系。

三、草地生态学的发展历史

科学是伴随人类文化的提高，对客观事物认识的不断加深而逐渐产生和发展的。草地生态学便是在生态学迅速发展的基础上诞生的。20世纪60年代以前，有关草地的研究和论著，多集中在草地的利用与管理，但也开始注意到草地植物和植物群落与环境的关系，涉及草地生态学的某些内容。

20世纪60年代以来，由于生态学的迅速发展，生态系统的理论逐渐渗透到生物科学的各个领域，用系统论的观点来分析和阐述其研究的对象，这种形势也孕育着草地生态学的诞生。1962年，R. P. Humphrey编写了《牧野生态学》(Range Ecology)一书。1971年，英国草地学家C. R. W. Spedding的《草地生态学》(Grassland Ecology)问世，是一部草地生态学专著，提出了草地生态学是一门独立的学科。如果以这一专著作为草地生态学的诞生，至今也不过20余年的时间。60年代至80年代是世界、特别是发达国家经济和科学技术飞跃发展的时期，也是生态学迅速发展的阶段，草地生态学在这一时期诞生和发展也是很自然的。70年代到90年代初的20余年间，各国进行了以下不同层次的研究：草地植物生物学和生理生态学，草地植物种群生态学、草地植物群落结构与动态、第一性生产力、放牧生态、第二性生产、草地生态系统能量流动、物质循环、草地资源动态监测、草地管理模型的建立与应用等的研究，发表了较多的有关专著和论文，从不同地区、不同角度、不同层次，论述了或涉及到草地生态学的问题。

我国草地生态学的发展历史较短，但发展还是较快的。70年代中期以前也大多从事草地利用和管理的研究，仅有部分植物生态学工作者，对我国草地进行了植物群落学的调查研究，或对某些优势植物种进行个体生态的研究。从70年代后期才开展了草地植物种群生态和草地生态系统的研究。80年代是我国草地生态学发展较快的时期，北京农业大学贾慎修组织翻译Spedding的《草地生态学》的出版，对我国草地生态学的发展起了一定的推动作用。有关草地生态学的科学研究也有了较大的发展：东北师范大学草地研究所、中国科学院植物研究所和内蒙古大学、甘肃草原生态研究所和甘肃农业大学、四川农业大学、内蒙古农牧学院和中国科学院草原研究所、中国科学院青海高原生物研究所、新疆八一农学院和东北农学院等单位先后分别在不同地区，对不同类型的草地生态系统进行了不同方面和不同层次的研究，取得了有价值的研究成果，为我国草地生态学的研究奠定了基础。历时10年的全国性草地资源调查和各省区的有关研究，也从不同角度涉及草地生态的问题，积累了有价值的资料。在此期间，部分大专院校分别为大学本科和研究生开出了《草地生态学》课程，对草地生态学教育和人才培养起到了一定的推动作用。

随着科学研究的开展，80年代以来，在我国有关草地生态的专著、论文及其他文献资料增多，如《草地生态研究方法》(姜恕等，1988)，《草地生态学的发展》(李博等，1991)，

《草原生态系统研究》(姜恕等, 1985), 《草地第二性生产动力学模型》(《甘肃社会科学》, 吕胜利等, 1991), 虽然还是初步的, 但也反应了我国草地生态学的发展和进程。

近几十年国内外有关草地生态的研究报道为本书编写提供了许多有价值的资料。

尽管草地生态学是近期发展起来的一门年轻学科, 但从自然界发展的历史来看, 原始自然草地生态系统中, 草地生态问题早已存在, 只是那时的人类还不认识而已。其实自从地球上有了草地和草食动物, 也就有了草地生态系统, 当时也仅是一种原始的, 纯自然的生态系统, 没有人为的干预。当人类进入狩猎时期, 开始对草食动物的猎取之后, 才开始对草地生态系统的干预, 但影响是小的。自人类开始驯养和繁殖动物以来, 特别是后来又兴起了游牧畜牧业, 对草地生态系统的影响才随之而加深。

人类与驯化的动、植物之间是一种共生关系, 人类从驯养的动、植物中获取食物, 动、植物依靠人类进行繁衍, 但人类进化的速度和动、植物驯化的时期是不一致的, 世界上存在几个不同的人类起源和动、植物驯化中心。动、植物的驯化大约距今7000—11000年前, 绵羊可能是第一个种(Higgs和Jarman, 1972)。山羊的驯化也很早, 山羊骨化石表明, 大约在距今10000—10500年(Flannery, 1965)。牛和猪的驯化稍后, 距今约9000年左右(Protsch和Berger, 1973)。从动、植物驯化的亲缘关系看, 中东起源中心出现的动、植物驯化最早, 最多, 中美洲或中国中心早期驯养的很少。早期的农业技术从中东经过希腊传入欧洲, 约在距今8000—8500年(Rodden, 1965)。从那时起有两条路线, 一条向北沿地中海, 最终到大西洋, 另一条经巴尔干半岛和匈牙利平原进入欧洲北部, 约以每年1km的速度向前推进。此外, 也向东传播, 中东驯化的基本动、植物如小麦、大麦、绵羊、山羊、牛和猪, 在距今3000—4000年以前进入中国的北方(Ho, 1969; Watson, 1969)。

Flannery证明农业出现很缓慢, 逐步发展, 经历了数千年。从多样化的狩猎和采集到农业的演进, 可分三个时期, 最早的时期——农业前的狩猎和采集, 估计该时期大约从距今42000年前到12000年以前。第二个时期大体包括一个4000年的时期(从距今12000年到8000年), 标志着从管理野生群体到管理驯化种的过渡时期。第三个时期为管理驯化种和多样性农业发展时期。

农业发展的内容和速度因地而异, 一些地区发展成种植业区, 一些地区发展很快, 成为现代化的草地农业, 一些地区长期停滞在游牧畜牧业阶段, 游牧制现在非洲、亚洲北部干旱和半干旱地区仍旧存在。农牧业发展的进程和多样性, 也就导致了今天世界生态系统的差异, 当今世界的草地生态系统已远非昔日之草地生态系统了。停留在游牧制的地区大多人类社会和文化比较落后, 缺乏科学知识, 盲目地发展牲畜, 超载过牧, 一次又一次地给草地生态系统和人类带来灾害, 人们也一次又一次地受到自然的惩罚。这些地区的草地生态系统在自我调节功能作用下, 由平衡到不平衡, 又由不平衡到平衡, 或者严重破坏, 导致系统的崩溃和演替。

但是, 在科学技术发达的国家, 开展牧草育种, 草地改良, 建立人工草地, 使其草地生态系统成为高效、稳定、持续发展的生态系统。草地生态系统中的生产者主要为高产优质牧草, 消费者主要为优良高产的家畜, 加之应用草地生态学原理和现代草地培育和管理技术, 物质和能量流失少, 人类获得的物质和能量多。此外向系统输入营养物质和促进再

生产的种质资源，并补充系统内缺乏的营养元素，加之景观生态学原理的应用，合理配置草地生态系统与陆地景观建设。这样就使草地生态系统既有很高的经济效益，又具备良好的生态效益。在西欧和其他一些草地农业发达的国家，这样的草地生态系统，已成为现实，使人民和国家都获得了丰富的物质利益和良好的生存环境。

四、草地生态学的发展前景

草地生态学是一门很有发展前途的学科，它不仅在建设现代化的草地生态农业中继续发挥作用，在我国和其他发展中国家则显得更为重要。这些国家需要研究和解决的草地生态学问题很多，如不同地区，不同类型草地资源与家畜的合理配置，草地的承载能力，放牧生态与草地合理利用，草地植物种群生态和群落生态学与牧草育种和草地改良，不同生态条件的高效稳定的混播种群，不同类型草地生态系统调控的途径，不同生态条件地区草地生态工程，高效平衡持续发展的草地生态农业建设等等。不仅需要科学的态度来对待这些问题，还需要采取有力的措施，促进草地生态科学技术的发展。经过一定时期的努力，我国大面积草地的生态状况将会改观，草地农业将有一个大发展和欣欣向荣的时期，草地生态学也将随之而发展，在不太长的时期，步入世界先进水平的行列，为我国人民创造良好的物质和环境条件作出应有的贡献。

第一章 草地生态系统概论

第一节 草地生态系统的基本概念和特征

一、草地生态系统的定义

草地生态系统 (grassland ecosystem) 是在一定草地空间范围内共同生存于其中的所有生物 (即生物群落) 与其环境之间不断进行着物质循环、能量流转和信息传递的综合自然整体。

草地生态系统是地球陆地生态系统的重要组成部分, 在自然界中占有很重要的地位, 与人类的生活和环境有非常密切的关系。草地生态系统的形成和发展受自然规律的支配, 也受人类活动的影响。

系统 (system) 这一术语, 目前在自然科学和社会科学领域中应用极为广泛, 是对客观事物存在形式的概括。具体讲, 系统是由相互联系、相互作用的事物所构成, 并具有一定功能的结合体。一般认为系统的构成必须具备三个条件: 其一、系统是由若干组成成分 (components) 构成; 其二, 各组分是相互联系、相互作用的; 其三, 系统的组分以整体的方式共同完成一定的功能。如植物的根系由主根、分枝根和根毛组成, 彼此间相互联系、相互作用, 共同完成水和养分的吸收功能。又如动物的呼吸系统由鼻孔、喉部、气管和肺组成, 它们也是相互联系的, 共同完成呼吸功能。草地生态系统也具备上述三个条件。

系统是客观事物存在的普遍形式, 个体植物和动物都由若干器官构成, 这些器官也是相互联系共同完成新陈代谢、生长发育的功能, 生物的种群和群落也是以系统的方式而存在。一部机器、一条生产线、一个企业, 小从原子大到宇宙, 从家庭到整个社会, 都无不以系统的形式存在着。

系统和组分是相对的, 没有组分也就不成系统, 没有系统也就无所谓组分。通常一个系统又是较高一级系统的组分, 每个组分又是较低一级的系统。草地生态系统中的生产者——植物群落是草地生态系统的组分, 而它又是相互联系、相互作用的若干植物种群组成的系统, 称为亚系统。

系统可分天然系统、人工系统和复合系统。天然系统是自然物天然形成的; 人工系统是人工创建的; 复合系统是天然系统和人工系统的结合体。草地生态系统包括天然草地生态系统、人工草地生态系统以及两者结合的复合草地生态系统。

按系统组成成分的自然属性, 还可划分为无机系统、有机系统和社会系统。无机系统由自然界的无机物质组成, 也称无生命系统; 有机系统由生命物质组成, 如微生物系统, 植物种群系统和动物种群系统等, 草地生态系统是由无机系统与有机系统组成的; 社会系统是由人群组成的, 它又无时无刻地对草地生态系统发生影响。

根据系统与环境联系的方式和密切的程度，一般可分为封闭系统、开放系统和相对孤立系统。封闭系统不与环境发生物质、能量和信息交换。开放系统与环境有物质、能量和信息的交换，有物质和能量的输入和输出。草地生态系统为开放系统。相对孤立系统是开放系统的一种特定形态，只能以特定的方式与环境发生联系。为了研究方便，有时忽略一些与外界联系的因素，从而把系统看成孤立的系统。

以系统存在的状态和时间的关系，可分为动态系统和静态系统。动态系统的状态随时间而变化。不随时间而变化状态的系统为静态系统，自然界和社会中的静态系统只是某一时候的暂时现象，真正的静态系统是没有的。草地生态系统是一种动态的系统。

二、草地生态系统的组分和基本结构

概括而言，草地生态系统是由生物因素 (biotic factors) 和非生物因素 (abiotic factors) 组成的。生物因素包括植物、动物和微生物；非生物因素包括土壤、无机盐类水和二氧化碳，在它们之间进行着物质循环和能量流动。草地生态系统还受生物因素和非生物因素的影响。人类是主要的生物影响因素，气候是主要的非生物影响因素。草地生态系统的组成成分 (components) 和影响因素及它们之间的相互关系见图1—1。

不同地区，不同类型的草地生态系统，其环境条件和生物种类组成都不同，外貌也不一样，但从其营养结构来讲，

任何生态系统都可以分为生产者，消费者，分解者和环境四个部分，前三者为生物成分 (biotic components)，后者为非生物成分 (abiotic components)。

(一) 非生物环境 (abiotic environment) 属于无生命的物质，构成无机环境，包括基质——草地土壤、岩石、砂、砾和水等，构成植物生长和动物活动的空间；参加物质循环的无机元素和化合物 (如碳、氮、二氧化碳、氧、钙、磷、钾)，联结生物和非生物成分的有机质 (如蛋白质、糖类、脂肪和腐殖质等) 和气候或温度、气压等物理条件。

(二) 生产者 (producers) 能以简单的无机物制

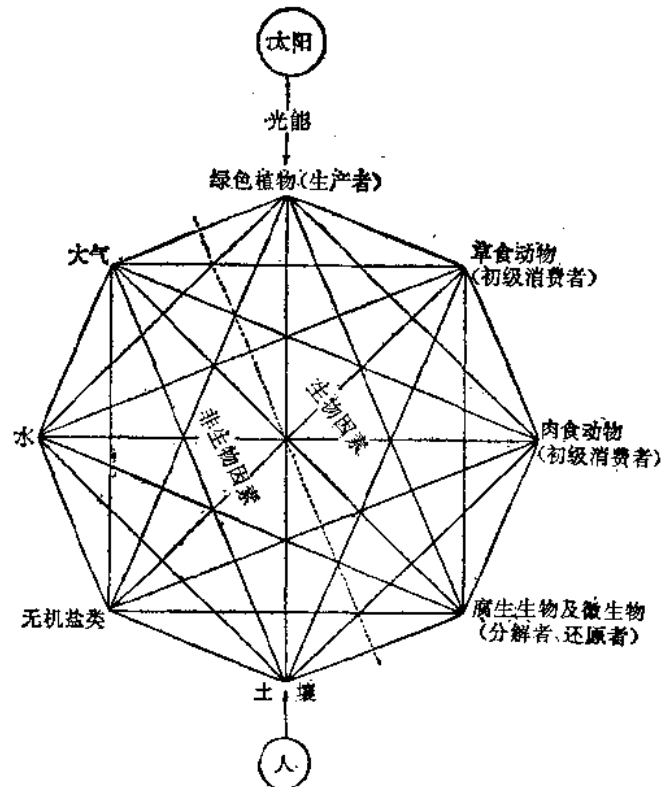


图1—1 草地生态系统的组分、影响因素及其相互关系
(仿Cook, 1970)

造复杂的有机物质的自养生物 (autotrophs), 草地生态系统中主要生产者为具有根的绿色植物, 特别是草本植物, 是有机物质的主要制造者。绿色植物具叶绿素, 利用日光能, 通过光合作用把吸收的水、二氧化碳和无机盐类合成碳水化合物和其他有机物质, 太阳能以化学能的形式被固定在碳水化合物中。这些物质是草地生态系统中其他生物的食物来源, 也是进行物质循环和能量传递的物质基础。

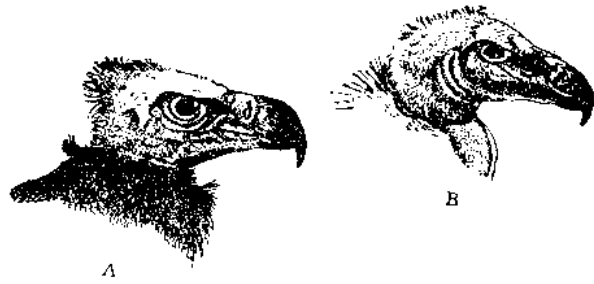


图 1—2 草地生态系统中的猛禽 (肉食动物)

A. 白头鹰 B. 白背鸢

(三) 消费者 (consumers) 为草地生态系统中的异养生物 (heterotrophs), 它们不能直接利用无机物制造有机物质, 而是直接或间接依赖于生产者制造的有机物质为其生存的营养来源。

消费者按其在营养级中的地位和获得营养的方式不同又可分为:

1. 食草动物 (herbivores) 是直接采食草地植物获得营养的动物, 如一些草食性昆虫 (蝗虫、草地毛虫) 和食草哺乳动物 (野兔、鹿、黄牛、牦牛、水牛、绵羊、山羊、马、驴、骆驼、斑马、长颈鹿等)。草食动物又统称为一级消费者 (primary consumers) 或初级消费者。

2. 肉食动物 (carnivores) 即以捕食草食动物为获得营养来源的动物, 如以捕食为生的禽兽猫头鹰、狐狸、鼬、蛙类、狼等。这些以草食动物为食物的动物又统称为二级消费者 (secondary consumers), 或称次级消费者。

3. 大型肉食动物或顶级肉食动物 (top carnivores) 以捕食其他肉食动物为食物来源的动物 (它们有时也兼捕杂食和草食动物), 如鹰、鹫、鸢、虎、豹、狮等 (图1—2), 可统称为三级消费者 (tertiary consumers)。图1—2中的猛禽为食肉动物, 其锋利的喙有利于捕食其他动物。

(四) 分解者 (decomposers) 亦为异养生物, 其作用正好与生产者相反, 它们把动植物的复杂有机物分解, 释放出能量并提供给生产者可以重新利用的简单无机化合物。草地生态系统中的分解者是一些细菌、真菌、霉菌、放线菌和土壤小型脊椎动物如蚯蚓、线虫等。分解者在生态系统中的作用是很重要的, 如果没有它们, 动植物的尸体将会堆积成灾, 物质停止循环, 生态系统将毁灭。分解作用往往是一系列复杂的过程, 各阶段由不同的生物去完成。

不同的草地生态系统, 上述几个结构成分具有不同的数量关系, 如表1—1所示。

草地生态系统包括三个亚系统, 即生产者亚系统、消费者亚系统和分解者亚系统。图1—3表示草地生态系统结构模型和各组成成分间的相互作用。

草地生态系统的生物生产有两个过程, 一是生产者 (自养生物) 的生产过程, 一般把它称为第一性生产 (primary production或译初级生产), 二是消费者 (异养生物) 的再

表 1—1 中等生产力的草地生态系统各结构成分的数量关系
(摘自孙儒泳, 1992)

生态系统成分	生物类群	数目/m ²	DM(g)/m ²
生产者	草本被子植物 (禾草、阔叶草)	10 ³ —10 ⁹	500.0
自养层的消费者	昆虫和蜘蛛	10 ³ —10 ⁸	1.0
异养层的消费者	土壤节肢类、环节类和圆虫类	10 ⁸ —10 ⁹	4.0
大型消费者	鸟类、兽类	0.01—0.03	0.3—150
小型消费者	细菌和真菌	10 ¹⁴ —10 ¹⁵	10—100.0

生产过程, 叫第二性生产 (secondary production 或译为次级生产)。分解者的主要功能是把复杂的物质分解为简单的无机物, 为分解过程。

概括而言, 草地生态系统是生物种间和生物与环境间协调、持续共生和相对稳定的系统, 它是地球上生物与环境、一些生物与另一些生物长期协同进化的结果。

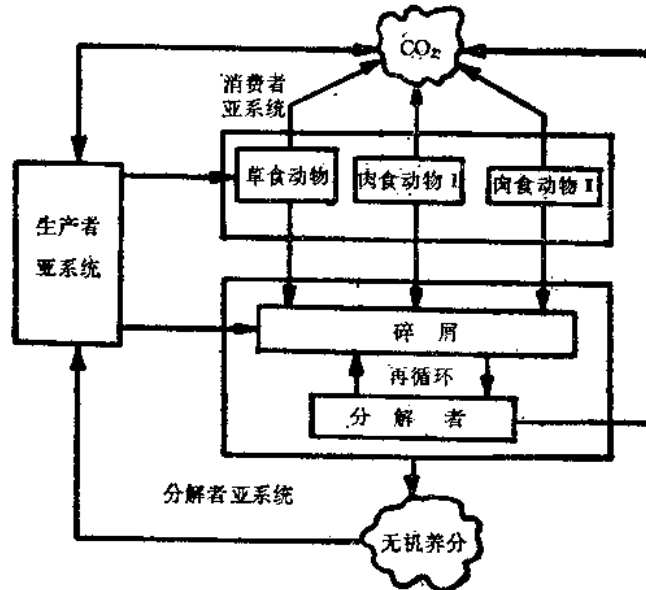


图 1—3 草地生态系统结构模型
(仿孙儒泳, 1992)

第二节 草地生态系统在自然界的地位和作用

一、生物圈的功能单位

生物圈是指围绕地球外壳的生命层, 包括陆地、水域和空气三者中的动物、植物和微生物, 成为一个巨大的生态系统, 它们通过空气、水和动物活动发生联系。据记载, 生物圈中的生物约有240万种, 其中, 动物约有200万种, 植物约34万种, 微生物约3.4万种(祝廷成等, 1988)。

生物圈与地球表面和大气圈、水圈和岩石圈是相互渗透、互相影响的。生物圈层的厚度，上限可达9km的高空，有时分布上限可达15—20km的高空；下限可深抵10km的海底。而大部分生物分布于地面和水面上下各100m范围内。生物圈也是太阳能和物质元素在地球周围发生一系列变化和转化的场所。

生物圈是地球上所有生态系统镶嵌结合而成，物质和能量的转化是由各类生态系统来完成的，草地生态系统是生物圈的功能单位之一。

地球上的生态系统并非孤立存在，彼此间是有联系和相互影响的，这种联系和影响是通过空气、水和动物活动来完成的。空气流动和风力的作用可以携带无机物质（沙、尘土等），植物的花粉，繁殖体从一个系统到另一个系统，不仅带来了物质的流动或交流，也使植物群落组成发生某些变化。流水可以把生态系统的无机物和有机物质带到河流和海洋等水域，也可以从一个生态系统带到另一个生态系统。这种现象是很普遍的，高山草地的物质（有机、无机）通过水流进入亚高山和中山森林生态系统；山地森林生态系统的物质通过水流带到山体下部次生草地生态系统或池塘、水库生态系统，再随水流进入农田生态系统。农田生态系统的有机和无机物质又可通过水流进入江河。这些影响受降水量和地形条件的影响。动物活动使不同生态系统发生种种联系和影响，一些动物栖息于森林，而觅食于草地，也使不同生态系统发生物质和能量的交流现象。食草动物、食肉动物和杂食动物都有促进不同系统间物质交流的现象。飞翔动物的这种影响范围则更为广泛。

这种生态系统之间的相互影响，尤以草地生态系统表现得更为复杂，影响更大。因为构成草地生态系统的基本成分——草群在自然生态系统中分布极为广泛，除微生物外，可能要算草群分布最为广泛。它们除是热带稀树草原和温带草原两大类草地的主要成分以外，还参与森林、荒漠、苔原、农田以致浅水水域，成为其中的次要成分或构成亚系统，参与其他生态系统的功能。综上所述，草地生态系统不仅是生物圈的功能单位之一，而且对生物圈的功能有较大的影响。

二、稳定陆地环境保护水域

草地生态系统的生产者（绿色植物），实际有两方面的功能，一是为消费者提供生活物质和能量，另一方面还起稳定其生态环境的作用。热带和温带大面积的天然草地约占世界陆地面积的四分之一，在靠近赤道的热带草地名叫萨王纳（savannahs）。温带草地有许多不同的地域性名称：在北美叫普利利（prairies）；在非洲叫费尔德（veldts）；在欧亚大陆叫斯特普（steppes）；在南美洲叫潘帕斯（pampas）（图1—4）。

这些草地分布地区的共同特点是干旱少雨，不能形成森林，主要靠草本植被覆盖，保护地面免遭风蚀。热带草地（savannahs）通常有1—2个雨季，但随之而来的是长时间的旱季。多数热带草地有稀疏的乔木或灌木点缀着陆地景观（因此我国常把savannahs译为热带稀树草原），或沿溪沟岸边生长树木，但仍以草本植物为基本成分。

有些草地是古代就有的，例如非洲大陆的萨王纳草地（savannahs），大约发生于6500万年以前（Catherine Horton, 1979）。有的草地是较近期形成的，许多草地为人类活动所造成（R. W. Snaydon, 1987），如印度和亚洲一些地区，草地是为了农耕清理土地，焚烧或砍伐森林所造成的次生草地。西欧和新西兰等国家则是砍伐或火烧森林后，发

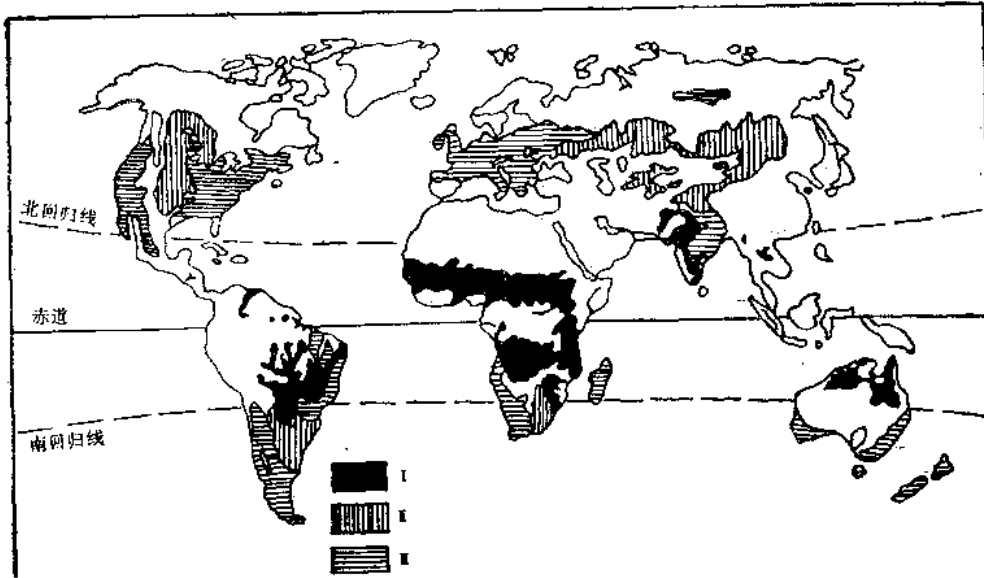


图 1—4 世界不同草地生态系统分布

I. 热带草地(Tropical grassland—savannah)生态系统 II. 温带草地(Temperate grassland)生态系统
 III. 人工(造)草地(Man-made grassland)生态系统 (综合Morley和Horton, 周寿荣, 1993)

展草地牧业而形成的改良草地(如图1—4)。原生草地加上次生草地和其他放牧地,其面积约占地面积的33%以上,所以说草地在稳定陆地环境中的作用是很大的。

作为草地生态系统的基本组成成分的生产者,其所以有稳定环境的作用,在于草地植物群落对地面的覆盖,根系固结着土壤,才使其免受风力或流水的侵蚀。各大洲主要天然草地植物群落覆被地面的陆地景观如图1—5至图1—9。



图 1—5 南美洲潘帕斯草地景观

(图1—5至图1—9均引自 Catherine Horton, 1979)

(一)南美洲潘帕斯(pampas)草地 草地微有起伏,多风,温度变化剧烈。潘帕斯为世界最大的温带草地之一,分布于巴西南部,乌拉圭和阿根廷,覆盖面积达 777000km² (图1—5)。



图 1—6 澳大利亚草地景观

(二)澳大利亚草地 有频繁的干旱,但当雨量充足时

牧草生长繁茂。许多地方天然植被,如菅草(*kangroograss*),已被欧洲植物种所代替,曾一度点缀着平原的桉树在一些地方也已经消失。人们用新的群落代替旧的群落,固然是为了提高经济效益,但也产生了良好的环境效应(图1—6)。

(三) 欧亚斯太普(steppe)草地 欧亚斯太普草地是世界上最大的陆地平原。它们从东欧一直延伸到遥远的西伯利亚。亚洲斯太普草地的一些部分仍保持着自然状态,但大多数欧洲平原已变成栽培草地或改良草地(图1—7)。

(四) 北美普列利(prairies)草地 美国和加拿大的草地外观上是无边无际的平原,它们延伸跨越北美中部。气候和降水量的变化导致平原的东部为高草普列利草地,而干旱的西部为矮草普列利草地(图1—8)。

(五) 非洲萨王纳(savannahs)草地 萨王纳植物变化很大,非洲萨王纳草地禾草从生长低矮的草种到花序高大的象草。许多地方稀稀疏疏地分布着树木和灌木。较为普通的树为合欢(*Albizia*)如图1—9。

上述各大洲的草地植物,对当地的自然条件和动物的影响都有良好的适应能力,许多草地植物尽管在降水不均匀和长期无雨的条件下还能生存下来,它们也必须能经得起以草为食的动物连续的啃食和践踏。在干旱地区,火是另一种危险,尽管遭受灾害,牧草尤能生存,在这些情况下,禾草出奇地保存下来。经历数百万年的协同进化,禾草变成为植物世界最能成功适应的种类之一。

尽管草地植物种类繁多,但大多以禾本科草为主。世界禾本科(*Gramineae*)植物有8000余种,也大多分布于不同类型的草地上。禾草有一年生和多年生。一年生禾草,仅在一个生长季节完成其生命循环周期,然后死亡。在一些地方,一年生禾草生长繁茂时,许多其他植物不能生长。它们的深根能够寻找水源和分割土壤成为小的颗粒。当一年生禾

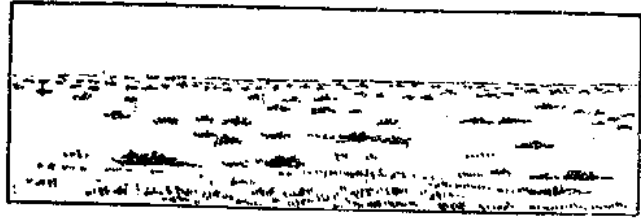


图 1—7 欧亚大陆斯太普草地景观



图 1—8 北美洲普列利草地景观

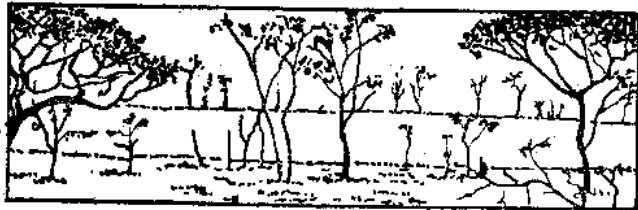


图 1—9 非洲萨王纳草地景观