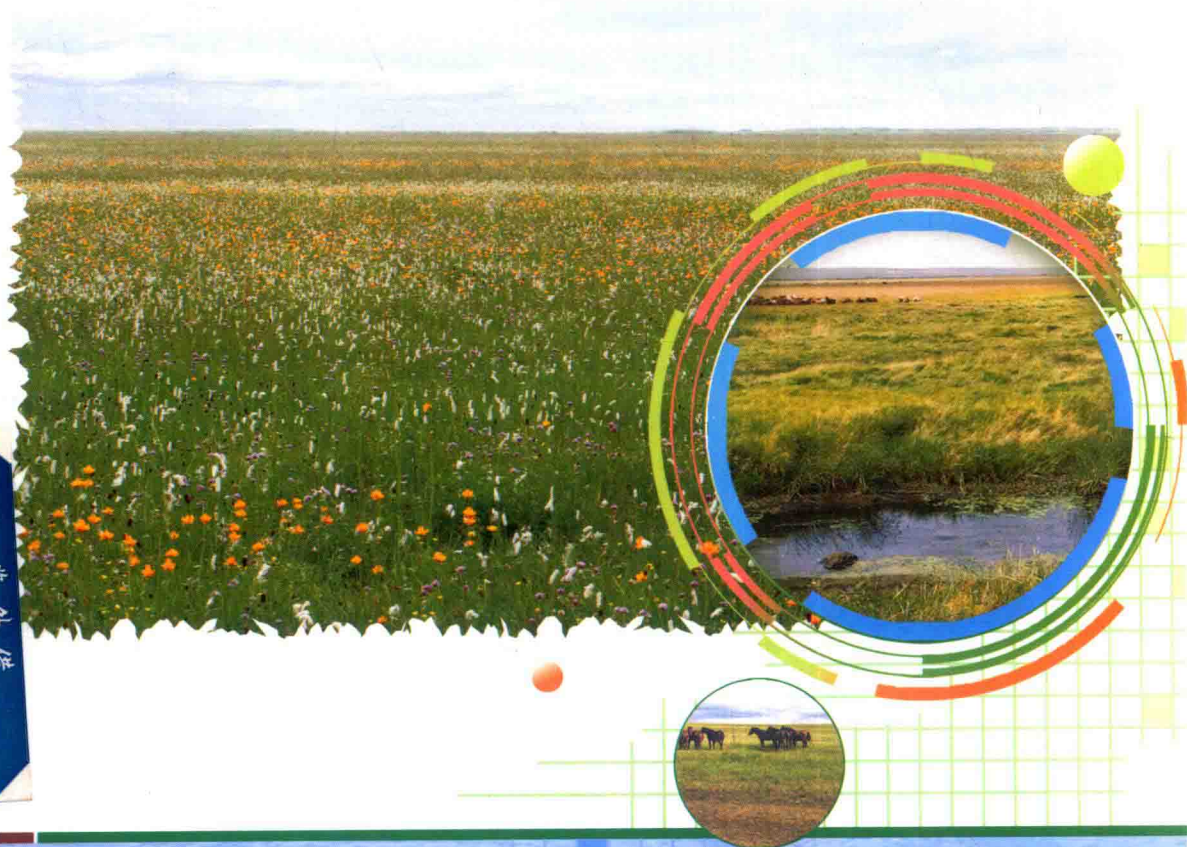




牧区 半牧区 草牧业  
科普系列丛书

# 草地生态 环境监测技术

庞立东 运向军 刘慧娟 等著



梁外借

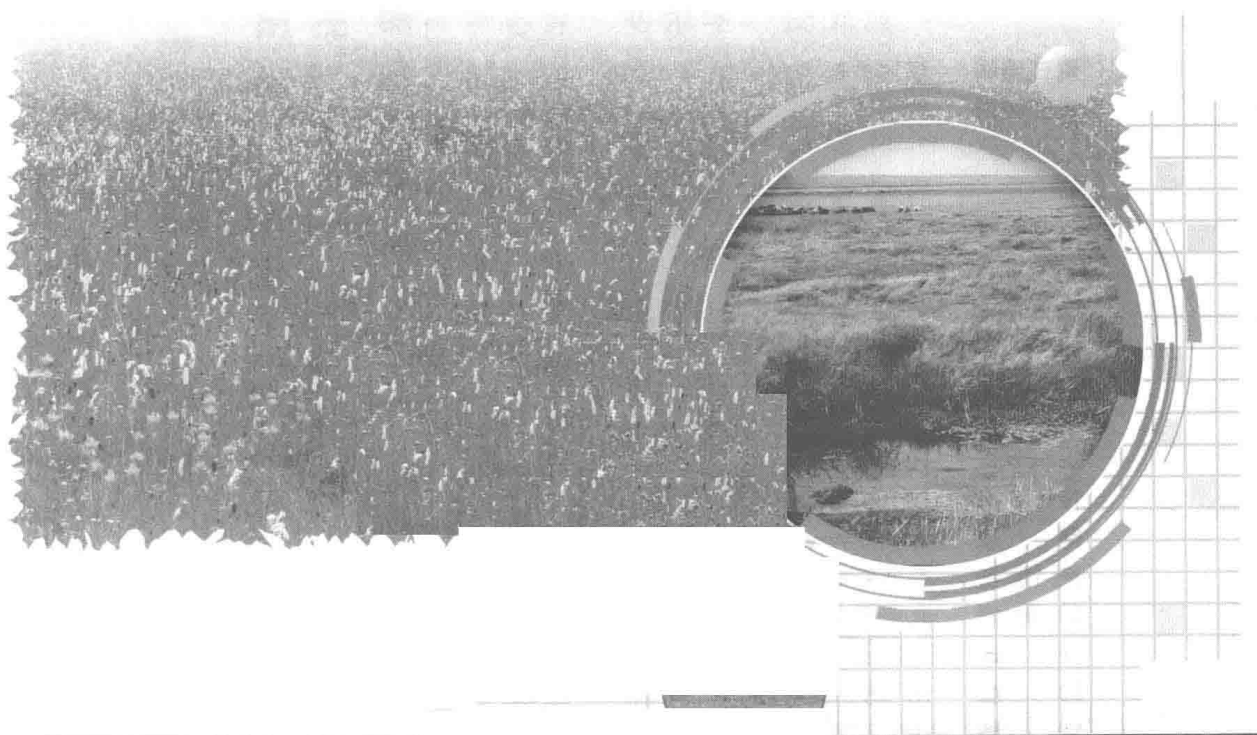
中国农业科学技术出版社



牧区 半牧区 草牧业  
科普系列丛书

# 草地生态 环境监测技术

庞立东 运向军 刘慧娟 等著



中国农业科学技术出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

草地生态环境监测技术 / 庞立东, 运向军, 刘慧娟等著. —北京:  
中国农业科学技术出版社, 2017. 12  
(牧区半牧区草牧业科普系列丛书)  
ISBN 978-7-5116-2818-3

I. ①草… II. ①庞…②运…③刘… III. ①草地-生态环境-环境  
监测-研究-中国 IV. ①X833-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 269479 号

责任编辑 李冠桥  
责任校对 贾海霞

出版者 中国农业科学技术出版社  
北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081  
电 话 (010)82109705(编辑室) (010)82109704(发行部)  
(010)82109709(读者服务部)  
传 真 (010)82106625  
网 址 <http://www.castp.cn>  
经 销 者 各地新华书店  
印 刷 者 北京富泰印刷有限责任公司  
开 本 710mm × 1 000mm 1/16  
印 张 10.75 彩插 2  
字 数 195 千字  
版 次 2017 年 12 月第 1 版 2017 年 12 月第 1 次印刷  
定 价 35.00 元

— 版权所有 · 翻印必究 —

# 《牧区半牧区草牧业科普系列丛书》

## 编委会

主 编：	侯向阳	王育青	
副 主 编：	李志勇	刘雅学	任卫波
编 委：	布 库	常 春	陈立波
	德 英	丁 勇	杜建材
	高书晶	韩 冰	韩文军
	黄 帆	焦 巍	解继红
	李鸿雁	李 俊	李彦忠
	刘爱萍	刘桂香	秦 艳
	萨茹拉	孙启忠	塔 娜
	陶 雅	田青松	万东莉
	万其号	王 海	王照兰
	王 珍	吴新宏	武自念
	徐春波	徐林波	闫志坚
	杨婷婷	杨玉平	于林清
	张福顺	张文静	张晓庆
	张 勇	赵海霞	赵来喜

# 《草地生态环境监测技术》

## 著者名单

主    著： 庞立东    运向军    刘慧娟  
          哈斯巴根  路艳峰  
参著人员： 陈  芳    董  毅    高海林  
          刘许光    孟晋阳    孙晓东  
          万  福    杨  霞    扈  顺  
          艳  红    张晓德    尹  强

# 内容提要

本书以作者多年来所总结草地生态（气象、植被、放牧、景观）监测的技术、方法和应用实例，结合前人在本领域的研究成果，经过系统的整理、分析、加工撰写而成，汇集了近年来在草原气象、植被、放牧和景观规划等研究领域的大量实践经验和技术资料。全书共分4章：第一章主要阐述了草地气象监测的对象、任务、气象监测的常规方法和利用现代技术监测草地气象的自动气象监测设备；第二章以草地植被为对象，对草地植被的植物多样性相关概念，及草地植被特征的监测方法进行了系统归纳；第三章重点介绍了草畜平衡、草地生产力、载畜量以及合理载畜量概念，阐述了草畜平衡的理念、草地载畜量的评价方法，及以草定畜、草畜平衡的相关技术与方法；第四章着重阐述了草地景观的监测方法与技术，系统介绍了草地景观监测野外调查的前期工作流程、样方布设标准以及具体测定内容，室内遥感影像的选取、处理、景观解译标志的建立，景观分类机制图等。

本书将传统测度方法与现代前沿技术相结合，力求实用，供广大草地生态学者及技术人员参考，以及广大农牧民科学普及读物。由于作者水平和能力有限，纰漏之处在所难免，且许多技术方法还需进一步研究完善，期望能抛砖引玉，望同行批评指正。

# 序

我国牧区半牧区面积广袤，主要分布在北方干旱和半干旱地区，覆被以草原为主，自然环境比较恶劣。自古以来，牧区半牧区都是我国北方重要的生态屏障，是草原畜牧业的重要发展基地，是边疆少数民族农牧民赖以繁衍生息的绿色家园，在保障国家生态安全、食物安全、边疆少数民族地区稳定繁荣中发挥着不可替代的重要作用。

近几十年来，由于牧区半牧区人口增加、气候变化以及不合理利用，导致大面积草地退化、沙化、盐渍化。

党和国家高度重视草原生态保护和可持续利用问题，2011年出台了《国务院关于促进牧区又好又快发展的若干意见》，确立了牧区半牧区“生产生态有机结合、生态优先”的发展战略，启动实施“草原生态保护补助奖励机制”，2015年中共中央国务院一号文件（简称中央一号文件，全书同）提出“加快发展草牧业”，2016年中央一号文件进一步提出“扩大粮改饲试点、加快建设现代饲草料产业体系”，为牧区半牧区草牧业的发展带来难得的历史机遇。牧区半牧区草牧业已成为推动我国农业转型升级、促进农牧民脱贫致富、加快实现现代化的重要突破口和关键着力点。然而，长期以来，牧区半牧区农牧民接受科技信息渠道不畅、科技成果应用和普及率不高、草牧业生产经营方式落后、生态和生产不能很好兼顾等因素，制约着草牧业的可持续发展，迫切 need 要加强草牧业科技创新和技术推广，引领支撑牧区半牧区草牧业现代化。

在农业科技创新工程大力支持下，中国农业科学院草原研究所组织一批中青年专家，编写了《牧区半牧区草牧业科普系列丛书》。该丛书贯彻“顶天立地”的发展战略，以草原生态保护与可持续利用为主线，面向广大农牧民和基层农技人员，以通俗易懂的语言、图文并茂的形式，系统地介



## 草地生态环境监测技术

绍我国草原科技领域的新知识、新技术和新成果，帮助大家认识 and 解决牧区半牧区生态、生产、生活中的问题。

该丛书编写人员长期扎根牧区半牧区科研一线，具有丰富的科学知识和实践经验。相信这套丛书的出版发行，对于普及草原科学知识，推广草原科技成果，提升牧区半牧区草牧业科技支撑能力和科技贡献率，推动草牧业健康快速发展和农牧民增收，必将起到重要的促进作用。

欣喜之余，撰写此文，以示祝贺，是为序。

中国农业科学院党组书记

陈萌山

2016年1月



# 《牧区半牧区草牧业科普系列丛书》

## 前 言

牧区半牧区覆盖我国 23 个省（区）的 268 个旗市，其面积占全国国土面积的 40% 以上，从远古农耕文明开始，各个阶段对我国经济社会发展均具有重要战略地位。牧区半牧区主要集中分布在内蒙古自治区、四川省、新疆维吾尔自治区、西藏自治区、青海省和甘肃省等自然经济落后的省区，草原作为牧区半牧区生产、生活、生态最基本的生产力，直接关系到我国生态安全的全局，在防风固沙、涵养水源、保持水土、维护生物多样性等方面具有不可替代的重要作用，同时也是我国畜牧业发展的重要基础资源，在区域的生态环境和社会经济中扮演着关键的角色。然而，随着牧区人口增加、牲畜数量增长、畜牧业需求加大，天然草原超载过牧问题日益严重。2000—2008 年的数据显示，牧区合理载畜量为 1.2 亿个羊单位，实际载畜量近 1.8 亿个羊单位，超载率近 50%。长期超载过牧以及不合理利用使草原不堪重负，草畜矛盾不断加剧，草原退化面积持续扩大。从 20 世纪 70 年代中期约 15% 的可利用天然草原出现退化，80 年代中期的 30%，90 年代中期的 50%，持续增长到目前约 90% 的可利用天然草原出现不同程度的退化，导致草原生产力大幅下降、水土流失严重、沙尘暴频发、畜牧业发展举步维艰，草原生态、经济形势十分严峻，可持续发展面临严重威胁。

2011 年，国务院发布的《国务院关于促进牧区又好又快发展的若干意见》明确指出，牧区在我国经济社会发展大局中具有重要的战略地位。同时，2011 年也开始实施草原生态保护补助奖励机制，包括实施禁牧补助、草畜平衡奖励、针对牧民的生产性补贴、加大牧区教育发展和牧民培训支持力度、促进牧民转移就业等举措，把提高广大牧民的物质文化生活水平摆在更加突出的重要位置，着力解决人民群众最现实、最直接、最紧迫的民生问



题，大力改善牧区群众生产生活条件，加快推进基本公共服务均等化。

“草牧业”是个新词，源于2014年10月汪洋副总理主持召开专题会议听取农业部汇报草原保护建设和草原畜牧业发展情况时，汪洋副总理凝练提出了“草牧业”一词。随即2015年中央1号文件中特别强调“加快发展草牧业”，对于经济新常态下草业和草食畜牧业迈入新阶段、谱写新篇章是前所未有强有力的刺激和鼓舞。草牧业是一个综合性的概念，其核心是强调草畜并重、草牧结合，推进第一、第二、第三产业融合。草牧业的提出无疑是对我国草业和牧业的鼓励，发展草牧业正是“十八大”以来大国崛起的重大步骤。发展草牧业是我国农业结构调整的重要内容，是“调方式、转结构”农业现代化转型发展的重要组成部分，是我国牧区半牧区及农区优质生态产品产业和现代畜牧业发展的重要组成部分，是变革过去粮、草、畜松散生产格局、有效解决资源环境约束日益趋紧、生产效率低及生态成本高等问题的关键突破口，是保障国家食物安全和生态安全的重要途径。

中国农业科学院草原研究所自建所52年来，坚持立足草原，针对草原生产能力、草原生态环境及制约草原畜牧业可持续发展的重大科技问题，瞄准世界科技发展前沿，以改善草原生态环境，促进草原畜牧业发展的基础、应用基础性研究为主线，围绕我国草原资源、生态、经济、社会等科学技术问题，系统开展牧种种质资源搜集鉴定与评价、多抗高产牧草良种培育与种质创新、草原生态保护与可持续利用、草原生态监测与灾害预警防控、牧草栽培与加工利用、草业机械设备研制等科研工作。在2015年实施中国农业科学院科技创新工程以后，恰逢加快发展草牧业的契机，中国农业科学院草原研究所组织全所精英，把老、中、青草牧业科研工作者组织起来，共同努力，针对目前牧区半牧区草牧业发展的薄弱技术环节，制约牧区半牧区农牧民生产生活的关键技术，以为农牧民提供技术支撑，解决农牧业农村问题为目的，特编著《牧区半牧区草牧业科普系列丛书》，该套丛书内容丰富翔实，结构通俗易懂，可为牧区半牧区草原退化防治、人工草地栽培、家庭牧场生产经营、家畜养殖技术、牧草病虫鼠害防治等问题提供全面的技术服务，真正的把科研成果留给大地，走进农户。

编 者

2016年1月

# 目 录

<b>第一章 草地气象监测</b> .....	(1)
第一节 概述 .....	(1)
第二节 草地气象监测国内外研究现状 .....	(4)
第三节 草地气象常规观测技术方法 .....	(11)
第四节 自动气象站 .....	(27)
<b>第二章 植物多样性研究</b> .....	(33)
第一节 概述 .....	(33)
第二节 国内外研究现状 .....	(34)
第三节 植物多样性监测的方法技术 .....	(37)
第四节 植物多样性研究的新兴手段 .....	(49)
第五节 植物多样性案例分析 .....	(53)
<b>第三章 草畜平衡监测技术</b> .....	(58)
第一节 概述 .....	(58)
第二节 研究背景和意义 .....	(62)
第三节 研究内容与方法 .....	(67)
第四节 应用前景 .....	(91)
<b>第四章 草地景观监测技术</b> .....	(96)
第一节 草地景观监测概述 .....	(96)
第二节 国内外研究现状及趋势 .....	(97)
第三节 草地景观动态监测方法 .....	(99)
第四节 草原景观监测技术 .....	(115)



第五节	草地景观监测实例——以内蒙古荒漠草原为例 .....	(130)
第六节	草地景观监测实例——锡林浩特城市景观空间格局 分析 .....	(145)
参考文献	.....	(150)
附录	.....	(154)
附图	.....	(161)

# 草地气象监测

## 第一节 概述

### 一、气象学与草地气象

地球表面被一层厚厚的大气包围着，这层气体通常称之为地球大气。在地球大气中，始终进行着辐射能的吸收和放射这一特殊的主要矛盾运动，因而造成大气内部的增热和冷却、升压和降压、蒸发和凝结等矛盾运动，这些矛盾运动统称大气物理过程。这些矛盾运动，引起了千变万化的大气物理现象：阴、晴、雨、雪、寒、暖、干、湿、风、云、雾、露、霜、雷、电、华、虹、晕等，气象学（meteorology）就是研究大气中所发生的各种物理现象和物理过程的形成原因、时空分布和变化规律的学科。

用来定性或定量地描述大气的状态和物理现象，所采用的特征量称气象要素（meteorological element）。主要的气象要素有：太阳辐射、地面和大气辐射、大气温度、湿度、气压、风、云、降水量、蒸发量、雷暴、能见度等。气象要素之间是相互联系、相互制约、相互影响的，在一定的时间地点下，反映一定的天气和气候特征。

应用气象学是将气象学原理、方法和成果应用于人类社会经济活动的各个方面，与许多专业学科相结合而形成的边缘学科。包括农业气象学、森林气象学、畜牧气象学、水文气象学、航空气象学、海洋气象学、医疗气象学、工业及建筑气象学、污染气象学等，而草地气象是畜牧气象研究中的一个重要分支。



### 二、草地与气象条件的关系

草地是生长草本和灌木植物为主，并适宜发展畜牧业生产的土地。它具有特有的生态系统，是一种可更新的自然资源。世界草地面积约占陆地总面积的 1/5，是发展草地畜牧业的最基本的生产资料和基地。

草地和气候都是畜牧业自然资源，大地、牧草以及光、温、水、风等是构成统一资源的重要生态因子。由于不同牧草对气候条件的要求不同，因此了解它们的生活习性，研究他们之间的关系，对于牧草引种驯化、选择优良草种和建设人工草场等均具有重要意义。

我国牧区畜牧业大体由草原畜牧业、农区畜牧业、城市郊区和工矿区畜牧业三种不同经营类型所组成；这三种类型的畜牧业生产都与气象条件关系密切。草原畜牧业是我国牧区畜牧业的主体，经营方式主要是靠天养畜，因此，草原畜牧业对天气的依赖更加突出。

气象因子光、热、水、空气等是牧草生长、繁殖不可缺少的生态环境条件，牧草生长在这个环境中并时时与之相互影响。作为气象的各项因子，它直接影响牧草的长势、种类和生产性能，对牧草的自然分布有明显作用。草地气象是畜牧气象科学的重要分支之一，它是发展畜牧业生产的重要科学保证。它不仅研究牧草、土壤等与气象、气候条件的相互关系，以便认识自然；而且，更重要的是研究如何充分利用有利的天气、气候条件，调节、控制、改善不利的气象环境以加速植物与能量的转化过程，提高牧草的产量和质量。

在自然界中，作为生物因子的牧草和非生物因子的气候——太阳辐射、土壤温度、空气温度、空气湿度、降水、蒸发量、风向及风速等并不是孤立的、静止的堆积在一起，而是互相联系，后者对前者具有制约作用。换句话说，气候是决定牧草种类结构、形态特征和经济性状的重要因子。

#### 1. 光

光是牧草生长的自然能源；在太阳光照射下，牧草通过光合作用制造有机物质，维持其生命活动。在太阳光谱中，波长 0.38 ~ 0.71 微米的可见光（即光合有效辐射）占总辐射的一半左右。它们通过牧草的绿色器官（主要是叶，其次是叶鞘、茎秆、穗、果荚等），在温度、水分和二氧化碳等因子的配合下，进行大量的有机物质合成。

#### 2. 温度

温度（temperature）是表示物体冷热程度的物理量。温度是植物生命活

动不可缺少的环境因子之一。温度主要包括有气温、水温、土温和草地植被温度等。一方面，温度直接影响牧草的生长发育、分布界限和产量；另一方面，温度对牧草的生长速度和生育期长短具有重要影响。即使喜凉牧草，如各类羊草、苔草等，一般日平均气温未稳定通过 $0^{\circ}\text{C}$ 则不能萌动返青，不稳定通过 $5^{\circ}\text{C}$ ，难以出现青草期。牧草返青后进入分蘖（展叶）、拔节、抽穗、开花、成熟、枯黄等物候期速度的快慢，亦主要决定于温度和水分。最暖月平均气温低于 $10^{\circ}\text{C}$ 的地方，即使喜凉牧草，种子也多难以成熟，大部分依靠根蘖繁殖。

### 3. 水分

水是植物有机体生命活动中重要的组成成分。一般植物体内含水量可达 $60\% \sim 80\%$ ，有的甚至达到 $90\%$ 。植物只有在充足的水分条件下，光合作用才能正常进行，水分还能影响植物对营养物质的吸收和输送。植物对水分的要求与土壤的水分含量、空气湿度以及降水量有密切的关系。以内蒙古的禾本科草类为例，从幼苗期到抽穗开花期，水分均占其组成物质的 $75\%$ 以上。即使在种子形成至成熟期，水分含量也达到 $60\%$ 左右。因此，一个地区水分条件的好坏，不仅决定牧草的种类特性和草场类型，而且和产量、品质及其适口性有密切关系。

### 4. 风

风作为生态气候因子，具有正负两方面的作用。一方面，风帮助一部分牧草传播花粉和种子，使之在草场上世代繁衍；同时，光合作用所需的原料，如二氧化碳，亦靠风力运送。另一方面，风大加速牧草蒸腾，造成生理干旱，大风甚至移动沙丘，覆盖草场，使草原生态系统失去平衡。

## 三、草地气象监测的任务

草地气象监测的基本任务如下。

(1) 对草地气象资源进行分析、利用和区划。从空间和时间上研究草地分布区的天气气候条件形成的规律性，为充分利用并制定提高草地生产力的措施提供依据。

(2) 确定草地气象指标。根据指标定量地鉴定气象因子对草地群落、动植物的生长发育状况及其产量的影响，对草地病虫害发生、发展的影响的方法。

(3) 研制各种草地气象预报方法。包括草地天气预报，草地气象灾害预报，病虫害发生、发展预报，草地产量预报，各种畜牧业活动适宜时期及



其条件的预报等。

(4) 研究草地灾害性天气发生规律, 监测其对草地的影响, 制订抵御灾害性气象条件的方法和有效措施。

(5) 研究草地生态系统小气候形成及其分布规律, 研究充分利用、调节和改善草地小气候的措施和方法。

(6) 为采取适当土壤改良措施和集约化的牧草栽培措施提供草地气候依据。

为了完成上述任务, 必须建立和不断完善草地气象基本观测, 特别是草地气象因子的快速监测, 大力开展草地气象试验研究。

## 第二节 草地气象监测国内外研究现状

### 一、草地气象监测国内外现状

在国外, 1597年意大利科学家伽利略发明了空气温度表以后, 1735年法国的德列奥米尔通过研究提出了积温的概念。1854年俄国 Д. Реутобии 出版了《农业气象学》一书, 拉开了人们对农业气象研究的帷幕。1926年法国的德马东提出了干燥系数的指标衡量气候干燥程度, 1930年前苏联的谢良尼诺夫提出了水热系数, 并于1937年出版了《世界农业气候手册》, 1945年日本的大后美保出版了《日本作物气象的研究》, 1948年美国的桑斯韦特以水分平衡为基础, 用热量效应和降水的有效性为指标进行了气候分类。这些成果和专著, 足以勾勒出国外农业气象学发展简史。国际气象组织于1913年成立了农业气象学委员会 (CFAM), 至1983年已开过8届会议 (崔学明, 2006)。

中国早在春秋时代已知用土圭测日影的办法观测季节变换, 有了春分、秋分、夏至、冬至四个节气。在《诗经·豳风·七月》中已经有“四月秀萋, 五月鸣蜩”“八月剥枣, 十月获稻”的物候记载。西汉初的《淮南子·天文训》一书中已有二十四节气的全部名称。《逸周书·时训解》中将一年分为七十二候, 每个节气为3候, 每候5天, 各有一相应的物候现象。这是中国最早形成的结合天文、气象、物候知识指导农事活动的历法 (姚运生, 2009), 可以被视为古代农业气象学的萌芽。我国近代气象学和畜牧业气象学的基础, 是由竺可桢等老一辈学者奠定的。竺可桢



在20世纪20年代创立了我国第一个气象机构，对物候学、东亚季风环流、我国气候变迁、气候区域的划分，尤其对我国气候特点与作物生产的关系等做了精深的研究。

1953年华北农科所农业气象研究室创建了全国第一个农业气象机构，1956年中央气象局设立了农业气象业务单位并开展农业气象服务，同年全国第一个农业气象专业也在中国农业大学成立，至今已有多所农林高校设立农业气象专业，包括中国农业大学、沈阳农业大学、南京气象学院、广西农学院等。1957年吕炯发表了《作物引种和农业气象》较早地提出我国的一些重要的与畜牧气象相关的农业气象问题。1959—1961年间农业气象站网不断扩大，全国很多高等院校增加了农业气象专业，随后又进行调整，科研领域不断宽泛。这期间，竺可桢发表了《论我国气候的几个特点及其与粮食生产的关系》（1964），黄秉维发表了《发展农业生产的途径与农业自然条件的研究》（1964，1965），段宏章发表了《小麦的群体结构与光能作用》（1959）等论文、论著，对我国农业气象研究工作有着重要的指导作用。1967—1976年间农业气象工作处于停滞时期，1977年十一届三中全会后，在一系列方针政策鼓舞下，改革开放不断深入，现代化发展速度日益加快，农业气象工作进入快速发展阶段，截至1982年年底，全国开展各种农业气象预报、情报的台站达900个。这期间较大的农业气象课题研究从多方面展开，包括农业气候资源与区划；黄淮海农业开发；北方旱区农业综合开发；亚热带山区农业发展；多熟种植水稻和杂交水稻；热带作物；华北冷害；柑梅冻害、冬小麦冻害、植胶区寒害；北方小麦干热风；病虫害；产量预报；小麦遥感综合测产网络。科研领域的拓宽，国际交流的增加，卫星遥感、计算机等技术在农业气象中的普遍应用，有力地推动了农业气象工作的快速发展，很多科研成果得益于卫星遥感和模式技术的应用，取得了较好的经济和社会效益。农业气象学的研究在我国的农业发展中发挥着越来越重要的作用。

畜牧气象是农业气象的重要分支之一，亦是发展畜牧生产的重要科学保证。研究畜牧与气象的目的是为了牲畜能避免大气环境对机体的不利因素，充分利用大气有利的气象条件，减少气象灾害，改善畜禽小气候环境，以增强牲畜体质、预防畜禽疾病、提高生产性能和畜牧业的经济效益（肖金香，2009）。

近百年来，国内外在畜牧与气象方面作了不少研究，确立了一些法则，如论述动物毛色与环境气候关系的格罗杰（Gloger）法则（1833）；论述动