

METEOROLOGY OF ANIMAL HUSBANDRY

牧业气象学

屠樑 李永昌 编著



气象出版社

牧 业 气 象 学

屠樑 李永昌 编著

高 家 农 社

(京) 新登字046号

内 容 提 要

本书力求反映牧业气象这门边缘分支学科的发展现状和我国华北、西北、东北与青藏高原牧区的实际。全书分五章：绪论，第一、二、三章介绍牧草、家畜生长发育、牧业生产环节与气象条件的关系；第四章介绍畜牧气象灾害；第五章介绍牧业气象预报、区划、情报服务方法。

本书除可作为农业、牧业、气象及农牧业经营管理等中专、中技有关专业的教材外，还可供畜牧、兽医、草原、环境保护的业务管理和科技工作者参考，亦可供牧区生产专业户和科技兴牧工作者参考。

牧业气象学

屠樑 李永昌

责任编辑 成秀虎

*

农业出版社出版

北京西郊白石桥路43号

北京昌平环球科技印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 全国各地新华书店经销

*

开本：787×1092 1/16 印张：8.625 字数：205千字

1992年1月第一版 1992年1月第一次印刷

印数：1—1000

ISBN 7-5029-0741-6/S·0087

定价：5.15元

序

牧业气象学是研究环境气象条件与畜牧业生产相互关系的规律,进而利用、调节以至控制这些气象条件的一门边缘学科。它是农业气象学的一个分支。牧民虽然在长期牧业生产实践中积累了丰富的牧业气象经验和知识,但牧业气象学成为一门应用学科,起步较晚,只有40年历史。“民以食为天,畜以草为本。”天然草场的生长、发育,放牧畜牧业生产的各个环节,家畜疫病的流行和牧业气象灾害都有明显的季节性,与环境气象条件关系尤为密切。干旱、暴风雪、白灾等更会造成灾难。所以,建国以来畜牧业生产的发展,带动了牧业气象学科的发展,使气象服务向深度、广度推进,草原放牧畜牧业逐步由“靠天养畜”变为“看天养畜”,逐步认识到合理利用气候资源,扬利用气象情报、预报、资料服务之长,避牧业气象灾害、疫病流行之短,提高放牧畜牧业经济、社会、生态效益的重要性。40年来,牧业气象工作在为自治区草原畜牧业服务中,做出了应有的贡献。

内蒙古自治区的畜牧气象工作始于五十年代。当时结合抗灾保畜,调查总结牧民看天养畜经验,编写了《牧业气候八节》、《畜牧气象》等,对部分畜牧气象服务指标有较深入研讨,并于1960年5月在包头召开的“全国畜牧气象经验交流会”上做了介绍,此外还先后培训了三届中专毕业生。但从整体上说,过去的工作仍处于定性描述水平。党的十一届三中全会后,牧业气象重新走上健康发展的轨道,内蒙古气象部门在机构设置、生产服务、专题研究和人员培训上做了工作,取得了进展。1987年5月,作为庆祝内蒙古自治区成立四十周年献礼项目,内蒙古气象学校开办林牧气象专业中专班。本书系统总结了前后五届畜牧气象中专班的培训成果,和近年来自治区牧业气象科研课题和生产服务成果,又经87级、88级两届教学试用,体现了“按需施教、学用结合”原则,可谓集牧业气象学之大成。不论对扩大学科辐射面,或提高人员水平都大有益处。本书知识面广,信息量大,注意实用性,汇集了一百多条定量指标,及时使科研成果用于教学,力求反映我国北方牧区生产实际。本书把气象科学与畜牧科学凝炼浅出地溶为一体,使牧业气象学在理论与实践相结合的阐述方面前进了一步,不失为一种有益的尝试。本书对学科的定义、内容、方法、特点、发展、差距等提出了编著者的认识,对有关学术问题概括了多数人的认识和经验。这方面的培训用书,国内尚属首次。希望能在推动专业气象服务发展和科技兴牧上收到效益,在人员培训和学术交流上,进一步带来成果。

胡 春

1990年11月于呼和浩特

前 言

本书根据国家气象局1987年3月审定批准的教学大纲编写,经87级、88级两届林牧气象专业职工中专班(2.5年制)试用,适于讲授80学时。编写中贯彻“按信施教,学用结合”原则,力求反映近40年来牧业气象这门边缘分支学科的发展现状和我国华北、西北、东北、青藏高原寒牧区的实际。全书分五章:绪论、第一、二、三章属基础理论,阐述牧草、家畜的生长发育、产量、品质和畜牧业生产各环节与环境气象条件的关系。第四章阐述干旱、白灾、黑灾等十余种畜牧气象灾害的影响指标、时空分布及防御对策。第五章阐述牧业气象预报、区划、情报服务方法。限于出版篇幅,原有牧草、牲畜生育状况观测方法(1987年试行稿)省略,读者需要时可参阅内蒙古自治区气象局马秀华工程师等1988年气象科技进步得奖课题成果。

本书主要由内蒙古气象学校高级讲师屠樾编写,第一章和第五章第二节由李永昌讲师编写,在编写过程中参考了有关畜牧学、草地学和牧业气象学的专著、论文、课题成果、实测资料等,特别是《家畜环境卫生学》(东北农学院王庆镐主编,1986年)、《中国牧区畜牧气候》(区划科研协作组编著,1988年)、《农业气象学》下册(南京气象学院农业气象系编,1988年)等专著,并得到国家气象局科教司、内蒙古农牧学院姬国栋副教授的热心指导、帮助以及提供资料,在此一并深表感谢。

初稿完成后,承蒙高级工程师李敏志,高级讲师彭安仁、姜子俊等组织初审和复审,提出不少宝贵意见,进行了修改、删节,出版过程中得到孙耀同志多方面协助,在此深致谢意。

由于我们水平所限,经验不足,加之编写时间仓促,缺点与错误在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

1990年11月于呼和浩特

目 录

结论	(1)
第一章 牧草生长发育、产量和品质与气候	(8)
第二章 气象要素与家畜健康和生产性能的关系	(13)
第一节 概述	(13)
第二节 太阳辐射	(17)
第三节 气温	(24)
第四节 空气湿度	(36)
第五节 气流和气压	(40)
第六节 气象要素的综合作用	(44)
第七节 畜舍内的小气候	(48)
第八节 环境污染	(60)
第三章 畜牧业生产环节与气象条件的关系	(64)
第一节 季节性草场的选择与转场	(61)
第二节 剪毛(抓绒)与气象	(67)
第三节 放牧抓膘与气象	(68)
第四节 牧草刈割期与气象	(69)
第五节 根据季节变化对家畜进行引、配种	(70)
第六节 适宜屠宰期的气象条件	(72)
第七节 家畜疾病与气象	(73)
第八节 充分利用气候资源,促进冬羔、早春羔当年育成	(77)
第九节 修棚盖圈调节小气候	(79)
第四章 畜牧气象灾害	(80)
第一节 干旱	(80)
第二节 白灾(雪害)	(87)
第三节 黑灾	(92)
第四节 暴风雪或冷雨	(91)
第五节 大风、风沙和白毛风	(87)
第六节 冰雹、雷电、暴雨、冰线	(100)
第七节 畜牧气象灾害防御	(107)
第五章 牧业气象服务	(110)
第一节 牧业气象预报服务	(110)
第二节 牧业气候区划	(119)
第三节 牧业气象情报服务	(129)
主要参考文献	(130)

绪 论

牧业气象学，是研究环境气象条件与畜牧业生产关系的基本规律，并运用这些规律兴利避害，促进畜牧业生产发展的一门学科。它是在生产实践中发展起来的，是介于气象学和畜牧学、草地学之间的边缘学科，是气象科学技术向深度、广度开拓的标志，是气象科学为生产建设服务进一步深化的表现。

牧业气象学也称畜牧气象学(meteorology of animal husbandry)，是指动物饲养管理的气象学。它是农业气象学的一个分支，研究畜牧业生产与气象条件之间的关系，为科学的饲养管理、有效地改善畜舍小气候、牧草饲料生产、引种育种、疫病防治及防御牧业气象灾害、直至为畜牧业气候区划、畜牧业生产合理布局提供科学依据。

畜牧业生产离不开大气环境，人类探讨两者之间的关系源远流长。我国古农书《齐民要术》中有“寒温养饲，适其天性”的记载，就是讲家畜饲养放牧，必须适应天气气候规律。但发展成为一门独立的边缘学科，只有几十年历史，目前正在发展，尚未定型。对于这门学科的全貌给出确切的定义，是有一定困难的。但是，随着畜牧业现代化的迅速发展，对牧业气象学的研究对象、内容、任务、方法和发展趋向进行总结和探讨势在必行，对于促进它的发展也是有益的。

一、牧业气象学的定义、对象和任务

研究环境气象条件与畜牧业生产相互关系的规律，进而利用、调节以至控制、改造这些气象条件的学科称为畜牧气象学或牧业气象学。

环境气象条件对家畜的作用以及气象条件与草原牧草生长、发育、产草量和品质之间的相互关系是畜牧气象学的研究对象。

不论天然草场或人工饲草(料)基地，气象条件对产草(料)量的影响是明显的。畜牧业的生产对象是家畜、家禽。家畜、家禽的生存、生长、发育、繁殖、改良更直接受到环境气象条件的作用和影响。家畜、家禽是生物界经人类长期驯化的动物。研究它与环境气象条件的关系需要对家畜的生物学特征及其与种植业的生物学特征不同之处有个基本了解。

现代生理学包括三方面内容：(1)分子和细胞生理学；(2)器官和系统生理学；(3)整体和环境生理学。目前，牧业气象学科的发展水平，重点研究第三方面，即从家畜的整体观点出发研究机体对生理活动的调节过程和规律，以及机体与环境的辩证统一关系。这类生理过程已发展到十分复杂的阶段，仍有以下三个基本的生理特征：

1. 新陈代谢：机体一方面不断从外界摄取物质构成自己的体组织或转变成能量贮备起来，称为同化作用。同时，又不断地分解它自己的组织和能量储备，并排泄出分解产物，称为异化作用，这就是新陈代谢。生物通过新陈代谢表现出各种生命活动。同化为异化准备物质基础，异化为同化提供活动能量。同化作用中有分解(吸收前)和合成代谢，异化作用也有分解和合成代谢。所以，同化不等于合成，异化也不能简单地看作分解。

对家畜来说，一般生长发育期的同化作用应大于异化作用，各种物质代谢应为正平衡（即有正积累）。

2. 兴奋性：这是一切活细胞共有的基本生理特征，也是活细胞适应内外环境变化的基础。当外界环境变化时，常引起机体代谢过程或外表活动而改变，说明机体对环境产生了反应。这种可被机体感受到的，并引起一定反应的环境变化称为刺激。刺激应有一定的限度。机体对刺激发生反应的特性称为兴奋性。兴奋的基础是新陈代谢，没有新陈代谢，也不存在兴奋性。

从安静或弱的活动，因刺激而引起活动或使活动加强，称为兴奋。反之，从动到静，由强而弱的反应称为抑制。

3. 适应性：适应是生物在生存竞争中受环境刺激而产生的生理和遗传的反应。生物机体对其所生存的环境具有适应能力，使机体与环境保持动态平衡，这种适应环境的调节机能称为适应性。

在人工控制条件下，对某几个气象要素的反应产生的适应性变化，叫气候驯化（domestication），气候适应（adaptation, acclimatization）是指长期的适应性而引起的生理和遗传调节，它使生物对持续出现的环境气象条件的综合影响增加耐性，如引起被毛的脱换，皮下脂肪的增减等。所以，真正的适应是指若干代、若干年自然选择或人工选择的结果，使机体在生理学和生态学上都发生了根本的变化，可遗传给后代。

可见家畜对气象条件的驯化和适应，是一个由量变到质变的过程，是时间序列上的不同阶段。在引种、改良工作中，对两地气象资料加以对比分析，找出驯化和适应的规律，自然是十分有益的。

影响家畜以上三个生理特征的环境因子是复杂的，其中水分、土壤、饲料等条件相对稳定，且较易调节控制，唯独气象条件变化较大，也较难调节控制。因此，给牧业气象学带来广泛的内容。目前至少有以下一些根本性的、开发性的任务：

1. 讨论主要气象要素与家畜健康和生产性能的关系，开展家畜生态环境的研究；
2. 研究舍畜小气候变化规律及其对家畜的影响，为各类畜舍的设计，为集约化畜牧业的发展提供科学依据；
3. 研究牧草生长的气象条件及其发育和经营管理规律，确定它们之间的量化关系，制作牧草产量预报并结合气候规律选择划区轮牧、草原建设的最佳方案；
4. 研究四季畜牧业生产环节与气象条件关系，结合天气预报做好专业气象预报，趋利避害，科学地安排各季牧事活动，以较少的经济投入，获取较高的经济效益；
5. 研究家畜生长发育过程中的主要气象灾害指标，以及各种畜牧气象灾害的防御措施及其经济、社会、生态效益；
6. 研究畜禽疫病，引种、育种与气象条件的关系，指导疫病防治、引种育种工作；
7. 根据畜牧业对气象条件的要求，从气候学角度进行综合的畜牧气候区划，为畜牧业合理布局和发展提供依据；
8. 畜牧气象观测方法、试验方法和仪器设备的研究。包括对家畜个体用群体的水、热交换的研究，以及先进技术（计算机、遥感、人工气候室和各类模拟试验等）的应用的研究，以推动畜牧业气象工作向纵深发展。

二、牧业气象学的内容

由于历史短,牧业气象学尚未定型。目前,其主要研究内容可分为:牧业气象监测和试验研究,牧业气象灾害,牧业气象服务和牧业气象基础理论等四个方面。

第一、牧业气象基础理论。目前包括:

1. 气象要素与家畜健康和生产性能的关系;
2. 气象条件与牧草生育、牧草品质、草原建设的关系;
3. 牧业生产环节与气象条件的关系;
4. 畜禽疫病防治与气象条件的关系;
5. 畜舍小气候;
6. 牧区环境污染与气象条件的关系。

第二、牧业气象服务。目前包括情报服务、预报服务、资料服务、牧业气候区划及牧业气候资源开发、利用和保护的手段等。

第三、牧业气象灾害。研究干旱、黑灾、白灾、暴风雪、大风、风沙(黄毛风)、冷雨、湿雪、冰雹、暴雨、霜冻等牧业气象灾害的时空分布、危害指标和机制、防御措施及其社会、经济、生态效益。

第四、牧业气象监测。包括牧草发育期观测、家畜生长发育观测和畜舍小气候观测等。

三、牧业气象学的研究方法和特点

牧业气象学研究借助气象学、畜牧科学、草地科学、数理科学的成就进行。其方法包括观测资料的获取、处理和统计分析三个方面,三者是互相联系的一个整体,目前常用的方法如图1-1所示。

观测资料的获取是基础工作。既要有传统的调查法,也要采用牧场试验、气象模拟试验、实验室微观实验和卫星遥感分析等近代科技新方法。随着卫星探测技术的进展和与牧场试验进行同步比较分析,正在有力地推动着牧业气象学的发展。各种资料获取方法从宏观和微观两个方面互相印证、互相补充、互相促进、相得益彰。

观测资料取得后,要按照农业气象学、气候统计学的常规方法,进行审核、订正和数学处理,然后进行统计分析。

除了常规的统计学分析方法外,本世纪下半叶先后发展了模糊数学方法和系统分析方法。

模糊数学方法是1965年美国控制论专家L.A.扎代(L.A.Zadeh)首先提出的。它是研究事物模糊性的一种数学方法,是用精确的数学工具对概念模糊或首系统复杂难以精确化的事物进行测度、运算和逼近的方法。1979年陈国范、曹鸿兴等人首次把模糊数学应用于我国的天气预报。此后,开始用于农业气候区划、地区气候资源评价、作物宜植区的气候选择、产量预报、气候季节划分等研究中,可以预期,这种方法将在牧业气象学中得到更广泛的应用。

系统分析方法是本世纪四十年代奥地利生物学家贝塔朗菲(Ludwig von Bertalanffy)把生物有机体当作一个系统来研究,于1956年发表《一般系统论》而确立的适用于各种系统的一般分析方法。所谓系统,是“有组织的和被组织化了的全体,而系统本身又是它所属的一个更大系统的组成部分”。一般系统论现已广泛渗入生物学、物理学、心理学、社会学、经济学、管理科学等学科,形成了称作“系统工程”的应用科学。牧业气象学是研究畜牧业

牧业气象研究方法

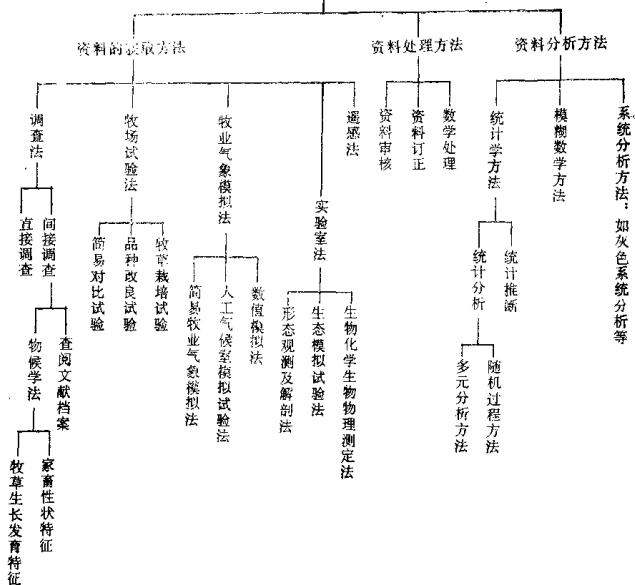


图1-1 牧业气象学的研究方法

和天气气候两大系统相互关系的边缘科学，运用系统分析方法，能在错综复杂的相互关系中，从整体出发，逐级分析，在相互影响的动态过程中选择最优影响因子，使畜牧业生产以较少的投入，取得更好的经济效益。

综上所述，牧业气象学的研究具有以下特点：

1. 涉及知识领域广，具有一定综合性，广泛涉及气象学、畜牧学、草地学的基础知识。这是由牧业气象的边缘学科性质决定的，其研究对象既有初级生产—牧草通过光合作用进行的植物性生产，又有次级生产—畜、禽利用初级生产产品转化为畜产品、仔畜和役力，比种植业多一道生产程序，学科任务是探讨两级生产过程与环境气象条件关系的规律，提高生产效率，使牧业气象科学技术转化为牧业生产力。

2. 地区性、季节性明显。这是由于畜牧业生产周期较长，仅次于林业。放牧家畜从繁

殖到育成、提供畜产品都离不开环境气象条件，不同牧区、不同季节的环境天气气候条件是各不相同的，牧业气象学就要在不同牧区、不同季节的天气气候条件和畜牧业生产两大系统的相互关系中，综合分析，找出影响指标，趋利避害。

3. 牧业气象研究不能脱离我国牧区社会条件、生产条件、经营管理水平的实际。牧业气象学是气象科学为畜牧业生产建设服务进一步深化的产物。一方面家畜既是牧区的生产资料，又是生活资料，畜牧业生产直接受社会条件、生产集约化水平、经营管理水平制约。另一方面放牧畜牧业生产流动性大，受气象灾害的影响大于种植业。目前我国牧区生产集约化水平较低，远未摆脱不稳定的脆弱状态，牧业气象学科也十分年轻，正在发展完善之中，从目前我国放牧畜牧业的发展水平看，尚未完全摆脱粗放经营和靠天养畜的状况，限于投资能力、科技水平和人员素质等种种条件，牧业气象学目前只能从宏观方面，即从畜禽群体与环境气候条件的相互关系方面去探索，而微观方面的生物物理学、生物化学的实验测定目前则很少进行。随着畜牧业现代化的发展，人员素质的提高和实验手段的不断完善，微观牧业气象学一定会有新的进展。

四、牧业气象的发展和展望

农业气象学作为一门新兴的应用气象学科出现在世界上，至今已有百余年历史。它在畜牧业方面的一个分支——牧业气象工作，起步较晚，只有40年历史。其发展大致可分为三个时期：本世纪50年代以前、50年代至70年代、80年代以后。

1. 经验和知识积累时期（本世纪50年代以前）。牧区人民在长期放牧畜牧业生产过程中，认识到牧草、家畜的生长发育、繁殖、畜产品的取得与环境气象条件有密切的相互关系，人们由此积累和总结了许多利用气象条件兴利避害的经验和知识，有的载于书简，大多数以谚语形式流传于民间，带有单一性、地方性、季节性特点，没有形成学科知识体系。

2. 畜牧气象观测和服务的形成和初步发展时期（二十世纪50年代至70年代）。50年代初，随着草原畜牧业的发展，苏联在中亚细亚牧区开始观测羊群和牧草的生育状况，1951年出版了《放牧畜牧业牧场和割草场农业气象观测暂行指南》。我国牧业气象观测和服务起步于50年代末期，内蒙古气象局建立过畜牧气象研究机构，开始了天然牧草和家畜生育状况的观测，在牧事活动与气象、牧草生长发育、产量动态与气象因子的关系、牧业气象预报服务等方面，开展了广泛的基础试验研究，用当时推广的“四结合过两关”的专业气象预报方法发布畜牧气象预报，编写出版了《实用畜牧气象学》、《畜牧气象》、《牧业气候八节》等著作。1960年5月在包头市和锡林郭勒盟牧区召开了“全国畜牧气象经验交流会”，在四季放牧、接羔保育、剪毛抓绒、疾病防治等方面，总结交流了一些定量服务指标和经验，使我国畜牧气象服务取得了初步进展。60年代中至70年代初，中国科学院内蒙古宁夏综合考察队在这一地区考察后，出版了《内蒙古自治区及其东西毗邻地区气候与农牧业的关系》等专著。70年代中后期，随着对农业现代化认识的提高，畜牧气象又得到了重视，内蒙的试验研究工作重新恢复和发展，新疆、青海、甘肃、宁夏、黑龙江、吉林、四川等省区相继开始了畜牧气候资源、畜牧气象灾害等方面的调查，总结了不少经验。新疆、黑龙江、宁夏在畜牧气候资源调查的基础上完成了牧业气候区划工作。中国农科院农业气象研究室也在舍饲家畜生态适应性和肉乳产量与气候因子的关系等方面积极开展工作。大专院校进行了家畜生态研究，对指导生产起了重要作用。

3. 进一步发展时期(1980年以后)。进入80年代以来,国家农业现代化建设蓬勃发展,随着对农业现代化认识的提高和大农业思想的建立,牧业气象得到了进一步重视和发展。

在经济比较发达的第一世界、第二世界国家,畜牧业产值一般都占农业总产值的50%以上,有的国家甚至高达90%。由于发展畜牧业离不开环境气象条件,于是牧业气象的研究在这些国家就占有一定的位置,英国、澳大利亚、苏联、荷兰、芬兰、瑞士、丹麦、加拿大以及日本等国都是如此。世界气象组织和联合国粮农组织等国际组织也很重视牧业气象的研究,世界气象组织的农业气象学委员会历次会议成立的工作组都有牧业气象方面的内容,如家畜健康与天气的关系、牧草与草场改良的气象问题、牧场的监测和精确估算饲料产量的方法、畜舍小气候等。

1986年9月中国气象学会在呼和浩特市召开了全国畜牧气象学术讨论会,会上报告的40篇论文,展示了我国牧业气象工作近年来取得的成绩,反映在以下四方面进展很快。

(1) 畜牧气候资源调查和区划。它是全国农业气候资源调查和区划的一部分。1982年国家气象局农业气候区划办公室组织协调我国主要牧区7个省、自治区和中科院自然资源综合考察委员会组成科研协作组,经6年工作,于1988年8月正式出版我国第一本畜牧气候学专著《中国牧区畜牧气候》,针对中国北部、西部干旱、半干旱牧区和青藏高原寒牧区以草原放牧为主的气候条件,并根据当地制约牧业生产气候因子的主次(一级指标在干旱、半干旱牧区用水分,青藏高原寒牧区用热量;二级指标在干旱、半干旱牧区用热量,青藏高原寒牧区用水分),把中国牧区划分为13个牧业气候区。

(2) 草场与气候。在草场类型与气候条件、草场产草量与气象、牧草品质与气候和天然草场的气候生产力四方面取得了成果,产草量与气象研究成果已投入产草量预报服务使用,气候生产力研究已计算出天然草场牧草产量的天气-气候统计模型。

(3) 家畜与气候。在家畜分布与气候条件、畜产品数量、品质与气候条件两方面取得了成果。

(4) 畜病、灾害与气象。在羔羊痢、乙型脑炎、寄生虫、猪丹毒等家畜疾病发病率与气象条件关系方面总结出指标。对畜牧气象灾害的指标、时空分布规律和防御对策,各牧区都进行了有益的探讨。1988年新疆还编印出版了《畜牧气象灾害及其对策》。

和世界发达国家相比,我国牧业气象工作的差距主要表现在以下五个方面:

1. 尚未形成畜牧气象观测网,也未建立起分布合理的畜牧气象试验站点,观测手段和仪器设备较为落后,因而基础资料缺乏,影响研究工作的进展。

2. 畜牧气候宏观分析研究多,微观试验研究少。特别近年来国外大力发展工厂化养畜,我国限于各种条件,畜舍小气候尚未引起广泛重视,工厂化畜牧业和畜舍小气候的调控还刚刚起步。

3. 牧草与气象气候关系研究的多,畜禽与气象条件关系研究的少;牧区畜牧气象研究的多,农业、南方山区、城市郊区牧业气象研究与服务还仅开始。

4. 国外草原畜牧业把土壤-牧草-畜禽-大气结合起来进行模式化研究,对草原畜牧业的发展起到了促进作用,我国草原畜牧气象模式基本上还是空白。

5. 直接结合生产的牧业气象服务研究的少,基础理论研究的少。南京气象学院冯秀藻、闵庆文在评述近年牧业气象工作后认为,今后我国牧业气象的开展应抓以下九项研究工作:

(1) 继续研究饲草(天然牧草、人工牧草、农区牧草以及引进优良牧草品种等)生长

发育、产蛋形成和畜禽（包括引进优良畜禽种）生存、繁殖与气象条件相互关系的定量化、客观化、模式化，逐步进行土壤-牧草-畜禽-大气系统以及各种发展畜牧业生产的畜牧气象模式的研究；

（2）牧业气象灾害危害时期、症状、指标、规律、预报和防御措施的气象效应，牧草病虫害、畜禽疫病与气象条件的定量关系及其防治上的气象保证研究；

（3）加强畜牧气象情报、预报（包括牧草产量、牧草收割适期、人工牧草播种适期、草原火险、宰畜产羔、剪毛、抓绒、抓膘、坐胎、屠宰等适期以及其他牧事活动的适宜气象条件与不利气象条件等）服务，并开展牧业气象情报、预报服务自动化系统的研究；

（4）牧业气候资源的开发以及草场改良、人工育草、引进优良牧草和畜禽最佳布局的气候适应性研究；

（5）畜舍、工厂化畜牧业和棚圈、接羔棚、四季营地等气象效应以及畜舍最佳小气候环境调控的研究；

（6）强调经济效益。可从加强牧业气象情报、预报服务和畜牧气候资源开发、开发气象台站庭园经济的气候资源，以及根据可能建立生产、科研、服务三结合的实体等方面进行。科学技术是生产力。强调牧业气象的经济效益就是要把牧业气象科学技术转化为现实的生产力，上述几项工作，就是把牧业气象工作转化为生产力的有效途径；

（7）牧草气象与畜禽气象观测、记录报表的制度化、规范化以及观测方法与仪器自动化、规范化、客观化的研究；

（8）气象条件与第一性生产和第二性生产系统的物质输送与能量转化的基础理论的研究；

（9）新技术（如计算机技术、空间技术、能源技术包括风能 and 太阳能、生物工程等）、新方法（如系统论等）在牧业气象科研与服务中的应用的研究。

当然以上几点是从学科角度提出来的，面广、要求条件也高。对牧业气象工作者有一定参考价值，各地在做具体工作时应抓住当地牧业生产提出的最紧迫的气象问题集中力量加以研究，早出成果，使研究成果很快服务于生产。

第一章 牧草生长发育、产量和品质与气候

草原又称草场或草牧场，是指陆地上多年生草本植物和灌木集中成片生长之地。有天然草场、人工草场和半人工草场之分。也可分为放牧场（牧场）与打草场（草场），合称为草牧场。草原是牲畜最主要的饲草来源。饲草饲料是牲畜的食物。就整个畜牧业来说，草原上的饲用植物则占绝大部分。在以放牧畜牧业为主的广大草原地区，牧草几乎是牲畜唯一的饲草。在农区、半农半牧区或者城市附近，虽有农副产品和叶秆、糠麸、酒糟之类可做饲草饲料，但大部分县都有山区或零星草地作为放牧场或者打草场。野生牧草仍是牲畜的主要饲草。牧草与作物比较，牧草更能适应环境，对气候资源利用得更好，如萌发需水量少，水分利用率高；生物学起点温度一般较作物低；光能利用率高。牧草利用气候资源的这些优势，是它在自然环境中长期生存形成的植物种性，是抗逆性的突出表现，也是生物界自然选择的结果。草原和气候都是畜牧业自然资源，土地、牧草以及光、温、水、风等是构成这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，同一牧草不同生长发育时期的要求也不一样，因此研究牧草与气候之间的关系，了解它们的生活习性，对于牧草引种驯化，选择优良草种和建立人工草场等均具有重要意义。

一、牧草生长发育与气候的关系

在自然界中，作为生物因子的牧草和非生物因子的气候——光、温、水、风等，并不是孤立的、静止的堆积在一起，而是互相联系的整体，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）约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。我国北部、西部和青藏高原的大部分草场，太阳总辐射量多，光合有效辐射量大，故牧草的粗蛋白质、粗脂肪和无氮浸出物含量一般较高。波长0.71微米以上的红外光，虽不能直接为牧草所利用，但能产生热效应维持近地面层的温度，这对于高寒地区的草场，具有不可低估的作用。波长0.38微米以下的紫外光，波长较长的部分能使牧草矮化和叶片变厚，其余多具杀菌和微生物的能力，还可以提高种子的发芽率。青藏高原高寒牧区各类草场的牧草均比内蒙古等地低海拔地区的牧草矮矮，这种生态变化，与紫外线有很大关系。

2. 温度 在水分满足的情况下，温度决定牧草的生长和发育。即使喜凉牧草，如各类羊草、芨芨草等，一般日平均气温不稳定通过 0°C 不能萌动返青；不稳定通过 5°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，其速度的快慢，亦

主要决定于温度和水分。最暖月平均气温低于 10°C 的地方，即使喜凉牧草，种子也难以成熟，大部分依靠分蘖繁殖。在我国广大牧区气候干冷同季的条件下，部分牧草往往因为冬季低温而遭受冻害。紫花苜蓿一般认为在有雪被覆盖的情况下能忍受 -40°C 的低温，但在地理环境特殊、冬季积雪甚少的青藏高原东北部肃南县试种表明，越冬期负积温 1500°C ，极端最低气温仅 -27.6°C ，死亡率则达30%左右。其他青温牧草，对温度要求更严。如沙打旺，在东北、西北、内蒙古等地种植，因生长季短，积温不够，不能开花；或开花后温度低，多数地区种子不能成熟；能成熟者，结果量亦很少。

3. 水分 水分是牧草的组成物质之一。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65%左右。因此，一地水分条件的好坏，不仅决定牧草的种类特征和草场类型，而且和产量、品质及其适口性有密切关系。荒漠草场地区的牧草，多为超旱生种类，主根特别发达，地上部分草质层较厚，多刺、多汁或密被绒毛、具有极好的吸水、保水性能和防止蒸腾的功能。糖分含量一般较高，但粗纤维含量多，硬而粗糙，适口性差。水分不仅对牧草和草场生态类型的形成起重要作用，而且影响其发育。即使日平均气温稳定通过 5°C ，如果水分严重不足，仍然不能进入青草期。

4. 风 风作为生态气候因子，具有利和不利两方面的作用。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——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。

由上可见，牧草以及光、温、水、风等是构成畜牧业自然资源的重要生态因子，这些因子时空分布的不平衡，便引起牧草种类成分、生长发育、产品品质等的差异。

二、主要牧草的生育期

我国牧区草场牧草组合类型复杂，种类繁多，不同草场由于组成成分不同，同一地区不同种类牧草或不同地区同一种类牧草，其生育期有很大差异。一般规律是：北部、西部牧区草场，牧草从返青到种子成熟的生育期较短，从返青到枯黄的生长期较长；青藏高寒牧区草场正好相反，牧草生育期较长，生长期相对较短。不同类型草原牧草的平均物候期见表1-1。

1. 返青期

牧草返青主要受温度和水分条件的制约。当日平均气温稳定通过 0°C 左右时，牧草地下根系开始活动，顶芽逐步露出地面，长到1厘米高时，便称返青期。返青期在不同地区是不同的，对于荒漠、半荒漠草原，由于干旱严重，却是降水决定返青期的迟早。

2. 分蘖（旁枝形成）期

春季升温较快，禾本科、莎草科等牧草分蘖期都较难观测。西部和北部地区一般在4月下旬至5月中旬，日平均气温在 10°C 以上；青藏高寒草原多在5月中旬至6月下旬，日平均气温约 $5-10^{\circ}\text{C}$ 。

3. 拔节（抽茎）期

拔节期一般出现在温度接近全年最高值时间，此期是牧草需水关键期，如果缺水，生长受到严重抑制。

4. 抽穗（现蕾）期

北部至西部草原多在5月中下旬至7月上中旬,日平均气温在 $12-20^{\circ}\text{C}$ 以上;西藏高寒草原多在6月中旬至7月中旬,日平均气温在 $8-15^{\circ}\text{C}$ 之间。

5. 开花期

北部至西部草原开花期出现在高温到来之前的6月下旬至7月下旬,降水量接近全年的峰值;西藏高寒草原开花集中在7月中下旬至8月上中旬。为全年的相对高温阶段,也是全年雨水最多的时期。此期牧草营养价值高,是打草季节。

6. 成熟期

北部至西部牧区最早为7月中下旬,最晚为8月中下旬。日平均气温仍达 $18-22^{\circ}\text{C}$ 以上,最晚为9月下旬,平均气温已降至 $4-8^{\circ}\text{C}$ 之间,从外地引种的部分牧草种子不能成熟。

7. 枯黄期

牧草枯黄期在北部至西部草原为9月上旬至10月中旬,枯黄期120—220天;西藏高寒草原枯黄期多在8月下旬至10月中旬,枯黄期160—210天。不论哪种草原,牧草枯黄期一般出现在日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 终日前10—30天,虽然此时气温已降至 5°C 上下,但未出现霜冻,地上部分停止生长,根系尚未停止活动,故部分草原绿色能维持到月平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 终日前。气温再降低,牧草才迅速进入枯黄期。

三、牧草产量与气候的关系

不同地区、不同年份和不同季节,由于气候条件不同,牧草产量有显著差异。据甘肃省甘南县调查,以苔草、蒿草、藜等喜凉牧草组成的高寒草甸草原,最热月平均气温 12°C 左右,年降水量400—500毫米,年产鲜草量可达250—350公斤/亩。

针茅、冷蒿、冰草等组成的典型草原,最热月平均气温 18°C ,年降水量200—300毫米,年产鲜草量亦达150—300公斤/亩;蒿类、针茅、猪毛菜等组成的半荒漠草原,最热月平均气温多数达 $20-25^{\circ}\text{C}$,年降水量200毫米左右,鲜草产量100—150公斤/亩;珍珠、红砂、盐柴类小灌木组成的荒漠草原,最热月平均气温多数达 $20-25^{\circ}\text{C}$,年降水150毫米以下,鲜草产量仅50公斤/亩。

1. 山体气候垂直变化对产草量的影响

山体不同部位,由于水、热状况的差异,形成多种气候类型以及与之相适应的草场,这些草场的产量是不同的。一般来说,在温和湿润的中山带形成的山地草甸草原产量最高,向上热量逐渐不足,产草量随之降低;向下,水分逐渐缺少,产草量也逐渐下降。北疆地区从准格尔盆地荒漠,向南到天山北坡、向北到阿尔泰山西南坡的山地草甸草原,因水热状况不同,亩产鲜草从50公斤左右递增到300—400公斤,亚高山草甸和高山草甸因过于冷凉,产草量反而不及山地草甸草原。

2. 同一山体不同坡向对产草量的影响

不同坡向由于水热条件差异,直接影响牧草的生长和产量。例如天山北坡降水虽多,湿润度大;南坡反之,且还受塔里木盆地干热气流的影响。因此,同一类型草原的分布高度是南坡高于北坡,从山前冲积扇荒漠区到海拔2800—3700米的高寒草甸,亩产鲜草可以从40—60公斤递增到200—350公斤,没有天山北坡那种中部产量高,向上、向下产量降低的情况。

表1-1 不同地区不同类型草场牧草平均物候期

省 (区)	海拔 (米)	草场名称	主要牧草	返青 (天)	分蘖 (天)	拔节 (天)	抽穗 (天)	开花 (天)	种子成熟 (天)	植株黄熟 (天)	霜降 (天)	年份
内蒙古	531	额济纳旗	老芒麦+无刺酸枣	5/5	8/6	—	16/6	27/6	23/8	17/9	111	196
	622	巴林右旗	羊草+针茅等4种	1/5	12/5	—	29/6	3/7	2/9	26/9	125	1981-1982
	628	巴林右旗	羊草+针茅等6种	22/4	7/5	—	1/7	9/7	14/8	8/9	115	1980-1982
	654	武川县	羊草+紫花苜蓿等7种	3/5	2/5	—	30/5	27/6	30/7	21/9	89	1981-1982
甘肃	1050	岷县	羊草+柠条等4种	21/4	9/5	—	11/7	3/8	19/8	13/9	118	1982
	1236	岷县	白刺+红砂等5种	4/4	18/4	—	8/5	14/6	10/7	12/11	98	1981-1982
宁夏	1312	中卫	羊草+无刺酸枣等7种	13/4	1/5	—	28/6	13/7	9/8	16/9	119	1981-1982
	1323	中卫	羊草+无刺酸枣等4种	17/4	3/5	—	14/6	29/6	13/7	4/9	88	1980-1982
	1425	中卫	羊草+无刺酸枣等5种	29/4	20/5	—	23/6	28/7	31/8	18/9	125	1981-1982
	1555	中卫	羊草+无刺酸枣等10种	12/4	14/5	28/5	5/6	21/6	23/7	4/10	103	1983
新疆	1348	巴里坤	羊草+无刺酸枣等7种	31/3	7/5	20/5	8/6	28/6	20/7	11/10	112	1973
	818	巴里坤	羊草+无刺酸枣等9种	9/3	27/4	7/5	28/5	14/6	21/7	5/11	135	1975
甘肃	2458	瓜州	芨芨草+垂穗披针草等3种	28/4	18/5	7/6	25/6	16/7	21/8	11/10	116	1974-1976
	2780	瓜州	老芒麦+无刺酸枣+羊草	17/4	—	20/6	21/7	1/8	26/8	17/10	132	1978-1980
青海	2788	祁连山	老芒麦+冷地早熟禾等5种	12/5	18/7	—	30/7	—	4/9	—	116	1978-1979
	3080	祁连山	甸牧草+及及平	18/4	14/5	24/6	3/7	27/7	3/9	—	179	1980-1981
	3200	祁连山	黑 麦	10/5	—	27/6	18/7	28/7	16/9	—	130	1981-1983
	3300	祁连山	台 草	28/4	18/5	6/6	19/7	19/7	20/8	—	115	1974-1979
西藏	3663	洛 萨	垂穗披针草	25/5	28/6	8/8	28/8	5/9	26/9	—	121	1961
	4133	洛 萨	高 粱	10/4	26/5	3/6	24/6	8/7	8/8	5/9	121	1982
四川	4300	当 雄	青 稞 4 种	7/6	25/6	1/8	21/8	未成熟	—	—	—	1975
	3275	当 雄	无刺酸枣+冰草等7种	28/3	10/5	18/7	6/8	15/9	7/10	—	172	1980
贵州	3440	普 安	高 粱	3/4	—	13/6	20/6	17/8	28/9	—	136	1981-1983
	3463	普 安	中 华 老 芒 麦 等 6 种	4/4	—	10/7	—	3/9	6/10	—	133	1986
云南	4200	石 屏	老芒麦+巨穗披针草等7种	1/5	31/5	23/6	30/7	11/8	23/9	—	146	1979-1981