文章类型：论文|刊号（ISSN）：2630-4678 /（中图刊号）：650GL004

牧区气候资源变化对牧草产量的影响评估

宫旭辉
内蒙古自治区陈巴尔虎旗气象局
DOI:10.32629/as.v8i12.3501

[摘　要] 牧草产量是牧区生态系统和经济系统的联系纽带,它的发展受气候资源变化所影响。根据长时间连续观测数据,从温度、降水、太阳辐射等气候因子的时空演变规律和影响机制两方面进行分析。采用统计分析、遥感监测、作物生长模型等技术相结合的方式,构建了由点到面、从过去到现在和将来产量影响评价体系。据研究显示,气候资源的季节分配特征以及年际变化是决定牧草产量的主要因素。研究成果给牧区科学应对气候变化、改进生产管理提供量化依据,对推动牧业可持续发展有重要意义。
[关键词] 气候变化；牧草产量；定量评估；气象服务
中图分类号：P429　文献标识码：A

Assessment of the Impact of Climate and Resource Changes in Pastoral Areas on Forage Yield

Xuhui Gong
Meteorological Bureau of Chenbaerhu Banner, Inner Mongolia Autonomous Region

[Abstract] Forage yield serves as a critical link between the ecological and economic systems of pastoral regions, and its development is significantly influenced by changes in climate resources. Based on long-term continuous observation data, this study analyzes the spatiotemporal evolution patterns of key climate factors—such as temperature, precipitation, and solar radiation—and their impact mechanisms on forage yield. By integrating statistical analysis, remote sensing monitoring, and crop growth models, a multi-scale evaluation system for yield impact has been constructed, spanning from point-based assessments to regional analyses, and from historical trends to future projections. Research findings indicate that seasonal distribution characteristics and interannual variations of climate resources are the primary factors determining forage yield. The results provide a quantitative basis for pastoral areas to scientifically respond to climate change and improve production management, holding significant importance for promoting the sustainable development of animal husbandry.
[Key words] climate change; Grass yield; Quantitative evaluation; weather service

牧草产量是牧区生态、经济系统之间的重要联系点,它的生长发育受气候资源的控制。温度影响植物生理代谢速率来调节生长过程,降水给植物提供水分支撑其存活和生物量的积累,光照通过驱动光合作用来决定物质合成的效率。但是全球气候变暖之下,区域气温不断上升,降水分布格局发生改变(表现为丰枯年份交替出现较多,年际和季节变化幅度加大),太阳辐射强度出现波动等新情况,正在改变气候资源的时空分布特点,使牧草生产遇到生长季热量条件不稳定,水分供需不匹配,光合有效辐射不足等问题,对生产稳定性造成较大影响。因此迫切需要建立精准的评估体系,量化气候变化对牧草产量的影响机制以及区域差异,给牧区科学管理提供决策依据。

1 气候资源观测与数据基础

1.1观测站网布局

牧区气候观测需要分层的站网。国家级基准气候站负责长期稳定的观测任务,积累了数十年的气候数据,为长期趋势分析打下了基础。国家基本气象站按照规范要求运行,站点布设覆盖主要的牧业旗县,构成区域观测网络的主体。按照草地分布和地形特征加密布置区域自动气象站,加强气候过渡带和典型草原区的监测。生态与农业气象观测站建在有代表性的草地上,同时观测气象要素和草地生态指标,建立气候与生态之间的联系。合理布局保障数据空间具有代表性,为区域气候资源评价提供可靠的依据。

1.2观测要素选择

围绕牧草的生长特性选择关键的观测要素。温度监测包括日平均温度、最高温度、最低温度、地温,反映热量条件。降水观测记录降水量、降水日数、降水强度,掌握水分来源与分配。

文章类型：论文|刊号（ISSN）：2630-4678 /（中图刊号）：650GL004

日照时数和太阳辐射分别用来表示光照时长和光能资源。风速风向对蒸散发有影响,相对湿度能反映大气干湿状况,蒸发量可以表现水分散失的程度。土壤湿度监测扩展到根系层,各个深度的含水量被追踪。冻土观测记录冻结深度和融化过程,对高寒牧区来说尤其重要。全要素规范观测为精细化分析提供高密度的数据基础。

1.3数据质量管理

观测数据的质量决定评估是否可靠。数据采集之后开展多级质控,自动质控程序对时间完整性、数值合理性、要素一致性展开筛查并标记异常值,人工质控依靠天气过程以及历史资料对可疑数据加以审核,剔除因仪器故障或者人为误差造成的错误。缺测数据用科学的方法进行补充,短期缺测用邻近时次内插,长期缺测用邻站和历史同期参考估算[1]。均一性检验可以识别序列突变,订正非气候因素的影响。创建质量评价体系,定时评判站点数据等级,保证评估数据达标,给研究赋予稳固的数据根基。

1.4资料序列建设

长序列气候资料为趋势分析打下基础。整合多时期多源观测数据,推进历史资料数字化,把纸质档案转变为电子数据从而增长时间跨度。考订早期的资料,消除观测方法变更造成的系统误差。建立标准的气候数据库,统一格式和编码方便管理使用。计算气候标准值和极值序列,形成本底资料。派生生长季起止、积温、降水距平等指标,直连评估需求。创建包含气候类型、草地类型、地形的区划数据集,为分区评估做好准备,资料序列质量决定评估深度。

2 牧草产量形成的气候驱动因子

2.1热量资源的驱动作用

热量资源经由诸多途径影响牧草产量。温度直接控制牧草的生长速率,在适宜的区间内升温加快代谢,缩短生育期,加快生长速度。积温属于综合指标,数值决定生长季牧草生物量积累潜力,充足年份生物量明显增多。温度的季节变化控制着物候进程,春季回暖会引发返青,秋季降温会引发枯黄,改变有效生长期的长度。昼夜温差调节光合产物分配从而影响积累效率,适度的温差有利于物质转化。极端温度事件(生长前期低温或者盛期高温)打乱正常的生长节奏。不同牧草对温度的需求存在差异,冷暖季型草种适配性决定着生长状况的好坏,热量条件与草种特性适配度最终决定产量高低。

2.2水分供应的决定作用

水分是牧草生长的主要限制因子。降水量直接决定着生长的条件,时间上的分布影响利用效率：返青期降水有利于萌发,旺长期降水满足快速生长需求,后期降水与物质转化有关。降水强度影响入渗效果,适中的降水有利于土壤蓄水,暴雨会导致径流损失。降水频率维持土壤水分的持续性,小雨频繁比长期干旱好。土壤含水量反映实际可用水量,干旱胁迫抑制根系吸水和地上部分的生长。蒸散作用随着温风加强而消耗水分,降低利用率。水分亏缺程度和时长决定减产程度,关键生育期干旱影响最大,水分供应状况是产量评价的首要因素。

2.3光能利用的调节作用

光能通过光合作用来控制牧草的产量。太阳辐射强度直接影响光合速率,充足的光照保证高效的光合。日照时数和云量决定实际光能的获取量,晴天有利于光合作用的进行,阴雨天降低光合作用的效率。光合有效辐射是植物可以利用的光谱成分,光合有效辐射的强度和累积量决定光合潜力上限[2]。冠层结构通过调节截获的光能来影响利用效果,合理的群体结构可以减少遮阴损耗。叶面积指数在生长旺盛期达到最高,对应最大的光合作用能力。光温协同作用调节光合作用效率,匹配组合可以提高产物合成速率,不匹配则会降低转化效率。阴雨寡照缩减光合时长,关键期连阴雨造成大幅减产,光照资源丰裕度直接决定产量高低。

2.4气候因子耦合效应

气候因子是经由复杂的耦合效应来影响产量的。水热协同是主要的耦合关系,在生长季节内降水充沛并且温度适宜的时候牧草生长最快。水热错配降低效率,热量充足但缺水、水分充足但低温都限制生长。干燥度等体现水热平衡状况,适宜组合即最适生产条件。光温协同调节光合作用过程,光照和温度相匹配时,光合作用的效率就提高,否则就会抑制产物的合成。光水配合影响蒸腾和光合作用的平衡,水分不足的时候,气孔关闭导致光合作用降低。多因子动态组合经由调控生理生态过程来决定年际产量波动,极端气候事件破坏常规因子配置造成大幅减产,综合评价要顾及多因子交互作用而不能只是单因子影响。

3 产量影响的定量评估技术

3.1统计关系建立

统计分析为气候和产量的联系提供基础。通过对历史气候数据和牧草产量的记录进行系统收集,得到配对的时间序列样本,采用趋势分解的方法将趋势产量与气象产量分开,剔除技术进步等非气候干扰。计算关键气候要素与气象产量的相关系数,筛选出显著相关因子,以牧草关键生育期指标为基础,建立分时段的相关模式。用逐步回归法把多个气候变量结合起来,形成多元回归方程,检验模型统计显著性及预测能力,评价解释方差、误差范围。根据不同草地类型、气候区建立分类回归模型,用长序列数据检验历史模拟精度,快速建立气候产量定量关系,为业务评价提供便捷的工具。

3.2遥感监测应用

遥感技术可以对牧草产量进行大范围、多时相的连续监测。卫星获取的植被指数(NDVI、EVI等)可以较好的反映植被的覆盖情况以及生长状况,NDVI与生物量有明显的正相关关系,EVI对于高生物量区的饱和情况有所改善[3]。利用植被指数和实测产量的回归模型,进行产量遥感反演,时间序列积分值更能反映生长季累计情况。结合气象数据来建立气候植被产量模型,提高估产精度。微波遥感补充土壤水分信息,和光学遥感相补充,提高干旱监测能力。业务化的遥感系统定期生成时空连续的产量分布图和长势估测产品,直观展示空间格局,给生产决策提供及时的信息支持。

3.3作物模型模拟

作物生长模型依靠对生理生态过程的模拟来反映产量形成的过程。模型把气候要素当作驱动输入,模拟光合作用,呼吸作用,蒸腾作用这些关键生理过程,算出光照合成的产量并累计生物量,把累积的生物量按根茎叶器官动态分配。整合模型把温度、水分、养分等环境因子对生长的限制作用考虑进去,修正潜在生长率,水分平衡模块模拟干旱胁迫效应,物候模块根据积温推进生育进程。用田间试验数据率定参数,用独立数据集检验模拟精度,进行敏感性分析找出关键参数。模型可以模拟气候变化情况下产量变化,并利用遥感数据同化来实时校正模拟过程,给预测评价提供理论依据。

3.4综合评估体系

建立多方法融合的综合评价体系,利用统计模型、遥感监测、作物模型相互补充的优势。统计模型简单实用,适合于业务化的快速评估;遥感监测可以提供空间分布信息,弥补地面观测的不足;作物模型可以揭示机理过程,加深对气候作用路径的认识。创建多模型集合评价框架,把不同模型的结果混合起来使用,从而减小不确定度。区分短期(当前生长季)和长期(多年趋势)两个评价的时间尺度,设置点(试验站)和区域两个空间评价的层次。建立以产量变化量、产量变化率、影响等级、风险概率等指标组成的体系,采用报告、图表、数据产品等多种方式呈现结果,打造科学、精准、实用的业务化服务能力,满足不同用户的需要。

4 气候变化情景下的产量预估

4.1历史变化回顾分析

根据长期的气候观测数据,对气候资源变化对牧草产量的影响进行梳理。区域气温明显上升,生长季热量条件变好,降水表现出波动变化特点,丰枯年份此起彼伏,年际变率增大。牧草产量总体呈上升趋势,但是年际间差异较大。通过分离出气候和非气候因素的影响,来量化的得出气候变化的净效应,发现极端气候事件是导致产量突变的重要原因。分析不同时期气候与产量关系变化的特点,为认识目前的状况、预测未来的发展提供历史的参照。

4.2当前影响定量评估

对近期气候造成的影响进行量化分析。选取近几年作为评估时段,利用气候要素距平值判断异常程度,将实时气候数据代入评估模型,估算产量影响量。通过对实际产量和常年产量进行对比,找出气候因素造成的差异,重点研究关键生育期气候状况对各个阶段生长的影响。生成定量评价报告,区分不同的区域以及草地类型的影响差异,专项评价极端事件造成的损失。评估结果可以为生产管理和灾害应对提供决策支持,也可以检验评估方法的有效性。

4.3未来趋势预测

根据气候模式预测数据来预估未来牧草产量的变化趋势。得到未来温度、降水等要素的预测值,代入评估模型中分析产量的响应。对不同的情景进行产量变化的分析,分析升温加降水格局变化的情况。预测各个地区响应的不同,识别极端事件频发所带来的产量波动风险[4]。全面考虑预测结果的不确定性,给牧区制定长期规划和适应性措施赋予科学依据。

4.4适应措施的气候效益

评价牧业管理措施对气候的适应性。根据生长季的变化来调整放牧制度,改良草地植被增强抗逆能力,建设灌溉设施缓解干旱胁迫,实行休牧轮牧等保护性措施恢复生态功能。借助历史气候数据来考察措施的有效性,模拟未来情景以预估长期效益,并依照成本效益来挑选实施方案。将气候影响的分析扩展到对策的评价,提高研究成果的实用性。

5 结束语

气候资源变化对牧草产量的影响评价属于气象为牧区服务的重要部分。建立完善的观测体系、揭示气候驱动机制、发展定量评估技术、开展预测预估工作,可以为牧区应对气候变化提供科学支撑。评估工作需要不断推进,不断完善方法体系,提高评估精度,拓宽服务领域。加强气象与牧业部门的合作,实现观测数据和生产信息的共享,提高评估的针对程度。根据牧区的实际情况来开发适合的评价产品和服务工具,促进评价结果的应用转化。在气候变化不断发展的大环境下,科学认识气候影响、合理利用气候资源、积极应对气候变化对保证牧区的可持续发展有着十分重要的意义。

[参考文献]

[1]聂木河.荒漠草原牧区气候灾害地方性知识研究[D].内蒙古师范大学,2023.

[2]周程阳,刘灏,黄顶,等.气候智慧型草地管理技术助力牧区振兴[J].中国农学通报,2022,38(20):156-164.

[3]冯湘华.西部典型牧区草地生态系统植被生态需水研究[D].西安理工大学,2019.

[4]郭文静.内蒙古牧区牧民对气候变化的认知与适应性行为研究[D].内蒙古农业大学,2019.

作者简介：

宫旭辉(1997--),男,汉族,河北黄骅人,本科,助理工程师,研究方向：气象。