

影响高寒草甸产草量丰歉气象指标的探讨*

李英年 赵新全 周兴民 王启基

(中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001)

摘要: 应用相关分析, 研究影响高寒草甸产草量气象因子的单相关程度, 找出综合评判产草量丰产与歉收的5个指标因子, 通过5个因子的综合处理, 建立牧草丰歉气象指标模式。结果表明, 拟合结果较好, 拟合率达75%。所建立的评判模式能定性地反映青海海北高寒草甸地区牧草丰产与歉收的年景划分。

关键词: 高寒草甸; 牧草产量; 丰产与歉收; 气象指标

中图分类号: S812.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-0435(2000)03-0171-06

高寒草甸地区牧草种类组成, 生长发育、牧草品质及产草量的高低与气象条件关系密切, 也是草地畜牧业持续发展的重要环节。对于产草量的分析, 一般可分为定性和定量两种。近年来笔者曾提出气象因子影响高寒草甸产草量的统计方法和模拟模型及有关定量分析报告(李英年等 1998; 李英年等, 1997; 李英年等, 1995), 也有定性的讨论(李英年等, 1996)。本文以定位观测资料为基础, 研究和引入新的综合评判气象指标, 以反应气象条件对高寒草甸牧草生长发育及对产草量影响利弊的模拟模型。

1 材料与方法

1.1 自然概况

1.1.1 研究工作在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站(海北站)进行。地处青藏高原东北隅, 祁连山北支冷龙岭东段南麓的大通河河谷, 位于北纬 37°37′、东经 101°19′, 海拔 3200 m。年均气温-1.7℃。日均气温稳定通过 0℃的活动积温约在 1100℃; 10℃的积温为 < 100℃, 持续天数不足 10 d。植物生长期仅 135 d。年均降水量 585 mm, 主要集中分布于 5~9月, 占年降水量的 80%, 而冷季的 10月至翌年 4月仅占 20%。

1.1.2 海北站作为气候上“极锋”活动位置的南侧, 冬夏两季大气环流截然不同。地理上属蒙新荒漠、青藏高原、黄土高原三大自然区系交汇处, 又是北方干旱地半干旱区镶嵌的半湿润区域, 日照时间在我国属相对低值分布区。气温较低, 降水相对丰富, 总的特征是冬季漫长、寒冷、多风而干燥, 夏季短暂、凉爽而湿润(李英年, 1998)。

1.2 资料及处理

1.2.1 气象资料系海北站 1980-1995年 16年气温、日照、降水量和土壤 10 cm 地温。产草量为海北站 1980-1995年同期地上生物量测定值。本文取其中各年地上生物量最高值为年产草量值(g/m², 干重)。一般出现于 8月下旬至 9月上旬(王启基等, 1985)。

收稿日期: 1999-06-01; 修回日期: 1999-09-16

* 国家与中国科学院“九五”特别支持(KZ95T-04-03)研究项目资助

1.2.2 对牧草的实际产草量(Y_i)可分解为趋势产草量(Y_t)、气象产草量(Y_w)和随机产草量(Y_p)3部分构成:

$$Y_i = Y_t + Y_w + Y_p \quad (1)$$

1.2.2.1 趋势产草量受当地土壤状态、牧草品质、牧业投入、管理及经营者素质等有关因素的影响。在海北站地区,草场投入甚微,一定时期内土壤状态、牧草品质基本保持平稳(或不变),经营者素质和管理水平单一,因而趋势产草量基本为恒定状态,本文以多年平均值替代,即 $Y_t = c$ (c 为平均值,常数)。

1.2.2.2 气象产草量主要受气象条件的影响,高寒草甸地区对草地的投入很少,牧草生长发育完全隶属于自然状况。由于年度间气象条件分布的差异性,造成气象产草量呈现波动变化,也由于趋势产草量相对稳定,高寒草甸年产草量的高低主要受气象条件的变化所制约,气象产草量可用趋势产草量和实际产草量的差确定之:

$$Y_w = Y_i - Y_t \quad (2)$$

本文则利用气象因子对气象产草量形成丰收与歉收影响的指标建立模拟模型。

1.2.2.3 随机产草量受随机因素的影响,如鼠、兔等食草动物的啃食,人为因素的干扰,以及风吹、雹打等自然灾害的影响。但研究地区为封育草场,上述因素的影响较为恒定,对牧草的消耗也较低,因此可以不予考虑。

2 结果与分析

2.1 指标因子的确定

在高寒草甸牧草生育过程中,影响其生长发育的气象因子是多方面的。因此在建立气象因子指标时,应进行综合分析。

2.1.1 利用气象产草量与气象因子间(月均值或月积值)的单相关分析和检验,筛选出一定数量与气象产草量关系较为密切,影响比较显著的气象因子作为初始指标因子。为使气象指标因子在划分产草量时操作便利,方程式简单明了,在初始指标因子中再筛选出物理意义明显,相关系数较高的因子作为气象产草量丰歉的气象指标。

2.1.2 因气象因子对产草量影响有着一定的滞后性,本文在处理气象资料时,从上年度9月开始,到本年度高寒草甸牧草进入枯黄期时的9月为止,共13个月,包括月降水量、月均气温、月日照时间和10 cm月均地温,总计 13×4 个月值样本数。通过对高寒草甸气象产草量与气象因子月值单相关回归处理见表1)。

2.1.3 通过对气象产草量与各因子相关系数进行显著性检验,当 $n = 16$ 时, $r > 0.479$ 的将通过信度 $\alpha = 0.05$ 的检验水平。最后比较得出如下筛选因子:

1月平均气温、4月平均气温、4月降水量、4月10 cm平均地温、上年度10月降水量。

2.1.4 上述气象因子指标的生物学意义在于

2.1.4.1 1、4月月均气温的高低,可反映冷季的土壤水分蒸发量,气温越低,蒸发越小,土壤冻结厚而坚实,使土壤水分将保持较高水平以满足牧草返青的需求(李英年等,1998)。同时4月气温的高低将直接影响牧草营养阶段的生长发育。春季正是我国北方干旱胁迫最重时期,4月降水量的多与少,可对干旱现象进行调节。虽然冬季冻土有较强的贮水能力,但春季气温的迅速上升,将使地表蒸发加大,此时冻土消融的快与慢,土壤水分的

表1 高寒草甸气象产草量与气象因素单相关系数

Table 1 The correlative coefficient between the meteorological yield of herbage and meteorological factors in alpine meadow

1980—1995										
9月 Sep.	10月 Oct	11月 Nov.	12月 Dev.							
相 关	AT	0.271	0.425	-0.059	-0.252					
系 数	PR	0.445	0.469	0.312	0.202					
Correlation	SS	0.224	0.321	-0.001	-0.034					
coefficients	ET ₁₀	0.003	0.224	-0.112	-0.186					

1980—1995										
1月 Jan.	2月 Feb.	3月 Mar.	4月 Apr.	5月 May	6月 June	7月 July	8月 Aug.	9月 Sep.		
相 关	AT	-0.650	-0.463	-0.621	-0.638	-0.420	-0.529	-0.289	-0.420	-0.324
系 数	PR	0.403	0.398	0.063	0.529	-0.392	-0.154	0.307	-0.020	-0.132
Correlation	SS	-0.231	0.213	-0.158	-0.076	-0.064	-0.375	-0.344	-0.447	0.303
coefficients	ET ₁₀	0.102	-0.289	-0.436	-0.571	-0.304	-0.573	-0.286	-0.343	0.211

注: note: AT: 平均气温 Average air temperature

PR: 降水量 Precipitation

SS: 日照时间 Sunshine time

ET₁₀: 10 cm 平均地温 Average earth temperature of 10 cm

保持与散失也与该期气温(特别是地温)有很大关系,如4~6月地温低,则保持较高的土壤水分供牧草生长发育所需。

2.1.4.2 去年10月降水量的多少将影响着土壤贮水能力的大小,同时间接地影响翌年产草量的提高。

2.1.4.3 日照因子未入选,一方面日照时间与降水成反相关关系;另一方面高寒草甸的海北站地区,在牧草生长期日照时间丰富,5~10月日平均日照时间达6h,基本满足牧草生长发育的要求。

2.1.5 4月平均气温与同期10cm平均地温有着显著的正相关关系。二因子的同时纳入可能产生对分析结果的影响和干扰。但作者的分析结果表明,4月平均气温与同期10cm平均地温相关性并不显著,相关系数为0.3854。这是因为,在4月,气温虽然很大程度制约或引起地温的变化,但由于受高海拔因素所制约,区域温度很低,10cm土层以下仍维持冻结状态,地温在很大程度上受制于土壤冻结(4月前期)和融冻(4月后期)状态的土壤冰晶及水分结构的影响,而且这种影响比气温影响地温的变化显得更为重要。因而,在讨论影响产草量丰歉指标时,对4月平均气温与同期10cm平均地温仍作为两个单因子分别处理。

2.2 影响高寒草甸产草量丰歉气象指标的确立

2.2.1 为使指标因子量纲化处理后,进行丰歉指标判别,则需进行标准化处理。首先求出指标因子的距平百分率:

$$Q_i = (W_i - W_p) / W_p \times 100\% \quad (3)$$

式中: Q_i 为第 i 年指标因子距平百分率; W_i 为第 i 年指标因子实际值; W_p 为指标因子多年平均值(本文为1980-1995年16年的平均值)。

2.2.2 对 Q_i 进行标准化(或称量纲化)处理:

$$A_{ij} = \begin{cases} K \times Q_i / Q_{\max} \times 100\% & Q_i > 0 \\ -K \times Q_i / Q_{\min} \times 100\% & Q_i < 0 \end{cases} \quad (4)$$

式中: A_{ij} 为标准化处理第 i 年 j 个指标因子(本文取 5 个因子); Q_{\max} 和 Q_{\min} 分别为 Q_i 的最大($Q_i > 0$ 时)和最小值($Q_i < 0$ 时); K 取为 ± 1 , 其意义是: 当指标因子与产草量呈正相关时, 取 $+1$; 当指标因子与产草量呈负相关时, 取 -1 。

2.2.3 将标准化处理的各指标因子相加, 并取加权平均值, 即为影响该地区高寒草甸产草量丰歉的气象指标 (D_i):

$$D_i = (A_{i1} + A_{i2} + A_{i3} + A_{i4} + A_{i5}) / 5 \quad (5)$$

规定: 当 $D_i > 0$ 时, 说明气象条件对高寒草甸牧草的生长发育有利, 牧草气象产草量高于多年平均值, 为牧草丰产年; 当 $D_i < 0$ 时, 则气象条件对高寒草甸牧草的生长发育不利, 为歉收年。

2.2.4 利用(5)式对海北站地区 1980-1995 年的气象条件进行计算, 并对产草量丰歉情况作出评判(错、对按 $+$ 、 $-$ 评定), 结果列表 2。从表 2 的数据可以看出, 其拟合率是较高的,

表 2 影响高寒草甸产草量丰歉的气象指标及产草量丰歉的对比

Table 2 The meteorological index of influencing herbage yield and the comparison of herbage yield in alpine meadow

年份 years	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	Y ₅	Y _w	D _i	检验 test
1980	-53.83	-0.01	-55.27	14.29	-14.80	-52.9	31.92	+
1981	-73.05	-100.00	-100.00	0.00	-80.40	-52.8	-70.69	+
1982	-100.00	26.32	-99.67	28.57	-95.19	-85.3	-47.99	+
1983	100.00	57.89	10.81	100.00	1.04	80.4	53.95	+
1984	51.63	10.53	57.30	28.57	-37.60	53.6	22.09	+
1985	-11.56	-40.00	-3.51	-11.11	-76.00	-41.7	-28.44	+
1986	3.21	21.05	100.00	14.29	44.36	40.5	36.58	+
1987	-73.05	-60.00	61.34	-77.77	-4.79	-43.2	-30.85	+
1988	-53.83	-15.00	-63.33	-22.23	-100.00	10.7	-50.48	-
1989	25.82	15.79	35.13	14.29	100.00	64.4	38.21	+
1990	-23.05	78.95	13.24	21.43	73.78	-13.2	32.87	-
1991	19.34	5.62	-30.98	-22.23	-20.00	-55.6	-9.72	+
1992	19.34	-40.00	60.81	-88.88	-82.40	-25.2	-26.23	+
1993	64.54	-35.00	-72.75	-100.00	-18.00	2.4	-32.24	-
1994	-15.39	-35.00	25.40	-55.55	-33.20	41.2	-22.75	-
1995	54.85	100.00	-7.35	50.00	-61.60	66.2	27.18	+

注(Note): Y_w : 气象产草量 (g/m^2 , 干重) Herbage meteorological yield (g/m^2 , dry matter); D_i : 为丰歉判别指标 Differentiate target of good or poor harvest

A_1, A_2, A_3, A_4 和 A_5 分别为 1 月平均气温, 4 月平均气温, 4 月降水量, 4 月 10 cm 平均地温和上年度 10 月降水量等气象因子经标准化处理后的指标因子 A_1, A_2, A_3, A_4 and A_5 are all standardized meteorological factors A_1 : The average air temperature in April; A_2 : The average air temperature in April; A_3 : The precipitation in April; A_4 : The average ground temperature in 10 cm depth in April; A_5 : The precipitation in October last year

表中 $+$ 号为指标反映的产草量与实际相符, $-$ 号则表示指标反映的产草量与实际不符 “ $+$ ” is means consistent between index yield and true yield; “ $-$ ” is means inconsistent between index yield and true yield

达 $12/16=75\%$ 。判别误差较大者是在产草量接近多年平均值的状况下,可能与人为主观测定有一定的影响,但通过该类方法可以基本准确地判别高寒草甸产草量年度的丰产与歉收。

2.2.5 由于多种原因,1996、1997和1998年的产草量未能收集到,但1996年实际属正常年,1997年产草量较低,1998年属丰收年。按本文提出的预测指标,对这3年进行处理时,除1996年预测效果较差外,其它2年准确度较高。

3 讨论与结语

3.1 对比分析结果表明,影响高寒草甸地区产草量丰歉气象指标判别模拟模型具有较高的准确性,拟合率达75%。

3.2 在所建判别模拟模型中,采用的因子均为牧草返青期或前期因子,因而该模式可作为预报模型,进而对高寒草甸地区种植燕麦等,为冬春贮存干草提供年景预测,为地区抗雪灾保牲畜提供服务。

3.3 该模型作为高寒草甸对产草量丰产与歉收评估的探讨,因资料长度的限制,本文并未将多个气象因子纳入模型方程的建立,因此,该指标方法仍有待进一步完善和改进。

参考文献

- 1 王启基,王文颖,邓自发 1998 青海海北高山嵩草草甸植物群落生物量动态及能量分配[J]. 植物生态学报, 22(3): 222~ 230
- 2 李英年,王启基,周兴民 1995 矮嵩草草甸地上生物量与气象因子的关系及其预报模式的建立[C]. 高寒草甸生态系统(第4集),北京:科学出版社,1~ 10
- 3 李英年,王启基,周兴民 1996 矮嵩草草甸年净生产量对气象条件响应的判别分析[J]. 草地学报, 4(2): 155~ 161
- 4 李英年,周兴民,王启基,曹广民 1997. 地温影响高寒草甸牧草产量的效应分析[J]. 草地学报, 5(3): 168 ~ 174
- 5 李英年,张景华 1998 祁连山海北冬春气温变化对草地生产力的影响[J]. 高原气象, 17(4): 443~ 446

The Formation of Meteorological Index of Influencing Herbage Yield in Alpine Meadow

Li Yingnian Zhao Xinquan Zhou Xingmin Wang Qiji

(Northwest Plateau Institute of Biology, the Chinese Academy of Sciences, Xining 810001)

Abstract: The correlative degree of meteorological factors which responded the herbage yield in alpine meadow was analyzed before index factors of appraising the herbage yield good or not were found in this paper by correlation analysis. Five meteorological factors (The average air temperature in January and April this year, the precipitation in April this year, the average earth temperature in 10 cm depth in April this year and the precipitation in October last year) partially correlated with herbage yield significantly, and they can be looked as meteorological index model was set up after summed management with the 5 factors and it showed good effect for 75% imitative rate. The appraising models can show the herbage yield good or not quantitatively in Haibei alpine meadow area.

Key words: Alpine meadow; Herbage yield; Good or poor harvest; Meteorological index