

Application of the Composite Model of Meteorological Conditions for Vegetation Growth to Ecology Meteorological Service for Grassland in Xinjiang

Weidong Fu, Yanli Yao

Xinjiang Agricultural Meteorological Station, Urumqi
Email: fuweidong123@sina.com

Received: Jul. 16th, 2014; revised: Aug. 1st, 2014; accepted: Aug. 23rd, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Using evaluation models of meteorological conditions for vegetation growth on natural grasslands in China, and combining meteorological factors of pasture growth in Xinjiang, the natural grassland vegetation indexes of meteorological conditions in major growth period in 2013 and 2014 in Xinjiang have been calculated, and the contrastive analysis, application and effect inspection among them have been made. Comparing the meteorological indices among years, the meteorological conditions for grassland vegetation growth can be evaluated. The results show that the grassland vegetation index of meteorological conditions in different time scales for two years can objectively reflect the distribution of meteorological conditions for the natural grassland vegetation growth in Xinjiang in 2014. It is basically identical with the actual yield and plant height. The model results conform to the reality. The established synthetic technology can provide the scientific foundation for protection and restoration of grassland ecological environment.

Keywords

Natural Grassland Vegetation in Xinjiang, Meteorological Condition Index, Evaluation Model

草地植被生长气象条件综合模型在新疆草地生态气象服务中的应用

傅玮东, 姚艳丽

新疆农业气象台, 乌鲁木齐

Email: fuweidong123@sina.com

收稿日期: 2014年7月16日; 修回日期: 2014年8月1日; 录用日期: 2014年8月23日

摘要

利用全国天然草地植被生长气象条件综合评价模型, 结合新疆牧草生长气象因子, 计算了2013年和2014年新疆天然草地植被主要生长期气象条件指数, 并对其同时段气象条件指数差值进行了对比分析、应用和效果检验。通过气象条件指数的年际对比, 评价草地植被生长气象条件的优劣, 结果表明, 2年不同时间尺度的气象条件指数对比结果能够客观地反映2014年新疆天然草地植被生长气象条件的优劣分布, 与实际产草量、株高的对比结果基本一致, 结果符合实际, 为保护和恢复草地生态环境提供了科学依据。

关键词

新疆天然草地植被, 气象条件指数, 评价模型

1. 引言

新疆是我国重要牧区之一, 天然草原辽阔, 其面积仅次于西藏和内蒙古自治区, 居第三位。天然草地面积为 5725.88 万公顷, 占全疆国土面积的 34.44%。新疆草地类型丰富, 草地质量居全国之首。按照农业部制订的《中国草地类型分类的划分标准和中国草地类型分类系统》的原则, 将其划分为 11 个草地类、25 个草地亚类、131 个草地组和 687 个草地型。以温性荒漠类草地面积最大, 次为低平地草甸类草地。从大地貌单元上划分, 又可将其分为山地草地、平原草地和沙漠草地三大部分, 其中山地草地占全疆草地面积的 58%, 平原草地占 34%, 沙漠草地占 8%。

新疆草地气候的主要特征是降水量少, 且分配不均, 年际之间变化大。气象要素的年际波动以及季节分配的异常不仅直接影响着草地植被生长, 而且影响着草地生态系统的健康与否和畜牧业生产。因此, 开展草地生态气象研究和服务具有重要意义。

20 世纪 80 年代末至 90 年代初, 黄敬峰、徐德源等[1]-[3]对天山北坡牧草的气候生态指标和牧草产量与气象条件的关系做了定量分析, 但研究多集中于牧草全生育期的生长发育与气候关系的描述上, 缺少动态评价模型, 无法进行草地气象条件优劣的实时监测与评价。近几十年来, 随着中国草地生态环境的不断恶化, 气象条件对中国草地植被生长的影响越来越受到关注。2006 年钱拴等[4] [5]应用模糊数学方法, 构建了天然草地植被生长气象条件综合评价模型, 开展了全国范围的动态监测评价应用服务。本文应用天然草地植被生长气象条件综合评价模型, 根据新疆区域气候特点确定气象条件指数, 并开展新疆草地生态气象服务, 并探讨该模型在新疆草地生态气象服务中的适应性, 以便为新疆草地监测管理和决策提供科学依据。

2. 草地植被生长气象条件评价原理及模型

2.1. 原理

天然草地植被生长发育的状况主要受当地气候条件的制约和影响, 与当地气象要素的年际波动和时

段分配密切相关。因此，在评价草地植被生长气象条件的优劣时，应以反映当地年际、季节之间气象条件的差异为原则。采用模糊数学中戒下型隶属函数，对草地进行属地气候适应性定义，确定草地植被生长的光、温、水要素界限指标，构造反映草地植被生长的光、温、水单要素函数；然后将3要素评价结果有机地结合起来，构造能够反映气象条件对草地植被生长综合影响的评价模型，确定气象条件指数。为了能动态地反映任意时段气象条件对草地植被生长的时间累积影响效应，模型采用积分的方法，将以旬为基础的气象条件指数进行积分，求得任意时段的气象条件指数；最后，通过年际间气象条件指数的对比，评价草地植被生长气象条件的优劣。

2.2. 模型

2.2.1. 综合影响评价模型

光、温、水是影响草地植被生长发育的主要气候因素，三者之间相互制约，共同作用。三要素匹配协调，总体气象条件利于草地植被生长；否则，任意一个要素的偏离，都会限制其它要素发挥作用。因此，在刻画气象条件对草地植被生长的综合影响时采用集合“与”运算，以体现草地自然生态系统的最小限制性原理。即：

$$I_m = I_p \wedge I_t \wedge I_s \quad (1)$$

式中： I_m 为草地植被生长气象条件指数； I_p 、 I_t 、 I_s 分别为水分、热量、日照条件指数。从式(1)可见，草地植被生长气象条件指数越大，说明光、温、水匹配越协调，越利于草地植被生长；否则光、温、水要素中任意一个要素值偏低，会使总体气象条件对草地植被生长的有利程度降低。

2.2.2. 阶段性累积效应模型

绿色植物生物量的增加是其生长期间不断进行光合作用、积累光合产物的结果，并且每时每刻都受气象条件的影响。采用积分方法表达时段气象条件的累积影响效应，模型可构造为：

$$W_m = \frac{1}{n} \int I_m dt \quad (2)$$

式中： t 为旬序， n 为旬数； W_m 为第1旬到第 n 旬的草地植被生长气象条件指数； I_m 为第 t 旬草地植被生长气象条件指数。

2.2.3. 年际对比模型

在评价草地植被气象条件优劣时，一般以常年或上一年作为参照。通过计算年际间草地植被生长气象条件指数的差值，反映不同年份同一时段气象条件的优劣。对比评价模型为：

$$\Delta W_m = W_{mj} - W_{mj-1} \quad (3)$$

式中： j 为年代； W_{mj} 为第 j 年草地植被生长气象条件指数， W_{mj-1} 为第 $j-1$ 年草地植被生长气象条件指数； ΔW_m 为第 j 年与第 $j-1$ 年草地植被生长同一时段气象条件指数差值。当 $\Delta W_m \geq 0$ 时，说明第 j 年草地植被生长气象条件优于或接近第 $j-1$ 年；否则差于第 $j-1$ 年。

统计算表明，气象条件指数年际对比结果符合正态分布规律，并与牧草单产的增减变化存在较好的对应关系。据此，确定气象条件年际优劣评价指标以及对应的评价结论： $\Delta W_m \geq 0.2$ ，很好； $0.1 \leq \Delta W_m < 0.2$ ，好； $0 < \Delta W_m < 0.1$ ，略好； $-0.1 < \Delta W_m < 0$ ，略差； $-0.2 < \Delta W_m \leq -0.1$ ，差； $\Delta W_m \leq -0.2$ ，很差。

2.2.4. 单要素评价模型

采用戒下型隶属函数定义草地植被属地气候适应性，确定其生长的光、温、水上下界，构造相应的

评价模型。

1) 水分条件。对于天然草地, 可用自然降水量的多少构造水分条件评价模型。当降水量达到常年平均值时, 说明水分供应达到了草地植被适应的正常标准, 水分条件指数定为 1。气候上以月降水量比常年同期偏少 50% 视为降水显著偏少的界限, 据此确定的最小值为常年降水量的 50%。水分条件评价模型:

$$I_p = \begin{cases} 1 & P \geq \bar{P} \\ \frac{1}{1+4(1-P/\bar{P})^2} & 0 \leq P < \bar{P} \end{cases} \quad (4)$$

式中: I_p 为水分条件指数; p 为要评价旬的当年降水量(mm); \bar{P} 为该旬降水量的常年值(mm), P_m 为降水量下界。

2) 热量条件。初春, 当日平均气温稳定通过 0°C 时, 越冬的草地植被开始萌动, 稳定通过 3°C 时, 进入返青阶段。因此, 初春草地植被生长的温度下限 $t_m = 3^\circ\text{C}$ 。当温度 $< 0^\circ\text{C}$ 时, 草地植被不能萌动生长, 此时草地植被生长热量条件指数为 0。当某旬的历史最低平均气温 $> 3^\circ\text{C}$ 时, 旬平均气温的历史下限 $t_m = \min(t_1, t_2, t_3, \dots, t_n)$, 式中 $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$ 为 n 年中该旬逐年平均气温。 $t_m > 3^\circ\text{C}$ 说明历史上该旬的基础温度水平就比较高, 草地植被适应这种温度水平, 此时段一般为返青后的某一个生长阶段。有的年份, 旬内气温起伏波动比较大, 旬内出现低温而旬平均气温接近常年平均水平, 为此, 在新疆草地生态气象服务中以旬平均气温距平 $\geq 2^\circ\text{C}$ 作为热量条件充足的标准, 此时草地植被热量条件指数定为 1。则草地植被生长热量条件模型:

$$I_t = \begin{cases} 1 & t \geq \bar{t} + 2.0 \\ \frac{1}{1+[(t_s - t)/t_m]^2} & 0 \leq t < \bar{t} + 2.0 \\ 0 & t < 0 \end{cases} \quad (5)$$

$$t_m = \begin{cases} \min(t_1, t_2, t_3, \dots, t_n) & t_m > 3.0 \\ 3 & t_m \leq 3.0 \end{cases} \quad (6)$$

$$t_s = \bar{t} + 2.0 \quad (7)$$

式中: I_t 为热量条件指数; t 为要评价旬的当年平均气温; \bar{t} 为该旬平均气温的常年值; t_s 为正 2°C 距平的旬平均气温, $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$ 为第 1 年至第 n 年历年旬平均气温, t_m 为历史旬平均气温的最小值。

3) 日照条件。根据黄敬峰等(1992)[6]的研究, 新疆天然牧草生长量与日照条件相关不显著, 表明: 新疆天然草场太阳辐射资源比较丰富, 基本能满足牧草生长发育和产量形成的需要, 所以在新疆草地植被生长气象条件综合模型应用中没有考虑日照因子。

3. 实例分析

3.1. 资料与方法

所用气象资料为 1981~2010 年中国 105 个气象站的旬降水量、旬平均气温。其中 1981~2010 年资料用于确定水、热模型中气象要素的上下界, 2013 年和 2014 年用于模型应用试验。检验所用的草地生物量资料来自新疆维吾尔自治区气象局 4 个牧草观测站及新疆草原监理站实测站点数据。

利用全疆 105 个站 1981~2010 年逐旬降水量、平均气温, 逐站逐旬计算 P 、 t , 确定相应的历史 P_m 、 t_s 、 t_m 。然后将上述指标和 2014 和 2013 年旬降水量、旬平均气温, 代入式(4)至式(5), 分别计算 2014 年

和 2013 年相应时段水分、热量指数；然后利用式(1)至式(3)计算 2 年任意时段的气象条件指数。同时对 2014 年与 2013 年同期结果进行对比。

20 世纪 80 年代黄敬峰、徐德源等[7] [8]通过对新疆天然草场牧草产量与气象条件的统计分析得出，天然草场牧草产量形成的关键期是 4~6 月。本文以 2014 年新疆天然牧草重要生长期 4~6 月的气象条件指数与 2013 年同期的对比分布图，进行气象条件优劣评价，说明应用效果。

3.2. 评价结果

3.2.1. 重要生长季评价

4~6 月是新疆草地植被生长的重要时期，从 2014 年与 2013 年同期气象条件指数的对比结果(图 1)可以看出，新疆大部分草地此时段总体气象条件不如 2013 年。具体表现为：达坂城、奇台、大西沟、白杨沟、东疆大部及铁干里克、阿克陶、英吉沙、伽师等地略好或好于去年，全疆其余大部气象条件总体偏差，其中伊犁河谷明显偏差，严重影响了草地植被生长。

3.2.2. 评价结果检验

2014 年全疆天然草原大部分牧草于 4 月上、中旬陆续返青，返青期除伊犁河谷部分牧区较常年略偏晚外，其余大部牧区接近常年或略偏早。返青后，北疆大部、天山山区气温波动较大、热量条件不稳定，南疆大部分地区降水持续偏少，且扬沙浮尘天气偏多，气象条件对全疆大部牧区牧草返青生长不利，牧草长势差于历年平均状况。5~6 月，全疆大部牧区降水持续异常偏少，新疆北部降水较常年同期偏少 3 成以上，其中伊犁河谷地区较常年同期偏少 56%。北疆偏西及南疆的部分牧区呈现出不同程度的旱情，大部牧区牧草生长缓慢。至 6 月底，全疆大部分牧草仍处于返青后的生长阶段。据监测站点资料：大部牧草高度为 10~33 cm。与 2013 年同期相比：全疆大部牧草偏低 4~23 cm。大部牧草长势明显差于去年(图 2)。

根据不同类型草原定位监测点产量对比数据(表 1)综合对比分析，2014 年 6 月全疆天然草原植被总体长势明显差于去年同期，大部分天然草原产草量下降明显。夏季放牧场除阿勒泰山区、天山北坡东段和天山南坡中段部分、塔额盆地局部区域外，整体较差，伊犁河谷、天山中西段、阿勒泰平原等主要打草场草层高度降幅明显。

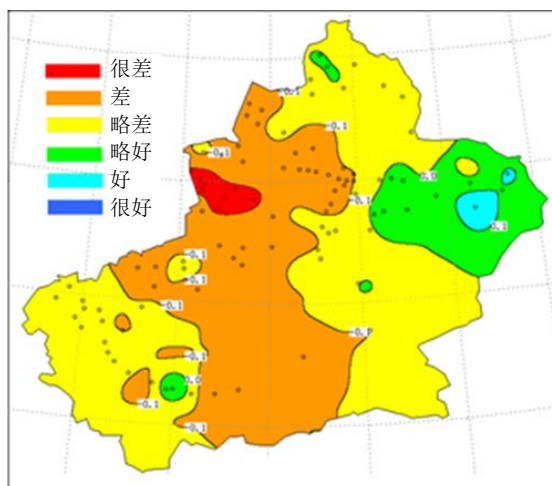


Figure 1. The compared distribution of Meteorological Conditions for Grassland in Xinjiang from April to June in 2014 with the same period in 2013

图 1. 2014 年 4~6 月新疆草地生态气象条件与 2013 年同期对比分布图

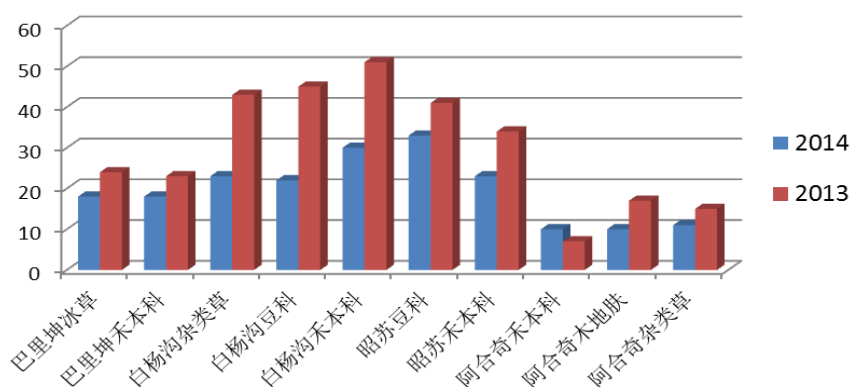


Figure 2. The grass growing height from all of pasture monitoring site in Xinjiang on June 30 in 2014 and 2013 (cm)

图 2. 新疆牧草监测站点 6 月 30 日牧草生长高度对比图(cm)

Table 1. The contrast data on Herbage yield of different types of grassland monitoring site in Xinjiang (2013-2014)
表 1. 不同类型草原定位监测点产量对比数据汇总表(2013~2014 年)

| 地州 | 温性荒漠 | 草原化荒漠 | 荒漠草原 | 温性草原 | 草甸草原 | 山地草甸 | 高寒草原 | 高寒草甸 | 低地草甸 |
|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| 哈密地区 | 125% | -55% | -33% | -55% | -15% | 50% | | -12% | -83% |
| 昌吉州 | -36% | | -72% | -70% | | -36% | | 12% | -27% |
| 博州 | -14% | -54% | -83% | -66% | -71% | -57% | | -68% | -52% |
| 巴州 | -19% | -78% | -69% | -22% | | | -38% | -59% | |
| 阿克苏地区 | -6% | -6% | 6% | -7% | -22% | | | | -73% |
| 克州 | -80% | -78% | -66% | | | | -39% | -44% | |
| 喀什地区 | -65% | -24% | | 12% | | | -12% | -52% | 35% |
| 和田地区 | 27% | -65% | -46% | -28% | | | -27% | -58% | 14% |
| 伊犁州 | -59% | | -53% | -56% | -37% | -51% | | -61% | -47% |
| 塔城地区 | -64% | | -5% | -22% | -24% | 17% | | | -33% |
| 阿勒泰地区 | -88% | | -89% | 19% | -35% | 3% | | 16% | -81% |

注：以上数据为 14 个县市 100 个定位监测点 2013 年和 2014 年 6 月 15 日的对比数据。

具体来说，伊犁州、博州、昌吉州、巴州整体出现严重旱情，天然草原单位面积产草量较 2013 年下降 50% 以上，最高达到 80%；塔城地区主要放牧场的产草量下降幅度达到了 20%~30%，平原荒漠区达到了 60%；阿勒泰地区的山区草场因水热条件匹配较好，天然草原牧草产量较 2013 年略有增长，但平原区旱情严重，产量下降达到了 80%，河谷打草场的产量也为近年来最低值；喀什、和田、克州沿塔里木盆地周边以低地草甸为主的平原草场长势较好，产草量较 2013 年有小幅的增长，其余大部分草原生产力与 2013 年相比均有大幅降低；阿克苏地区整体基本与 2013 年持平，降幅不大；哈密地区除平原荒漠和山地草甸类草原的局部较 2013 年同期产量增幅较大外，其余大部草原产量均有不同程度的下降，作为主要春秋季放牧场的草原类降幅达到了 50% 以上(表 1)。

据新疆草原监理中心数据，受今年春夏降水持续偏少的影响，新疆天山一带和北疆草原遭受大面积旱灾，受灾草原面积约 1800 多万公顷，约占该区域草原面积的 65%，牧草产量总体下降 30%~50%，其中伊犁河谷草场受灾面积 106.58993 万公顷。

3.3. 结论

2014 年与 2013 年同时段气象条件指数差值与产草量增减、牧草高度差值的对比统计结果表明, 草地植被生长气象条件指数差值的正负与产草量的增减趋势一致率达 95%, 并且 ΔW_m 的增减幅度与牧草单产的增减幅度存在较好的对应关系。可见, 气象条件指数年际对比与产草量、株高的对比结果具有较好的一致性, 评价效果较好。

在新疆草地生态气象服务中, 结合后期气象条件预测, 提出 2014 年我区夏季放牧场牧草总体生长势将比 2013 年夏季偏差, 草原旱情有可能会持续发展, 总体气象条件不利于牧草生长。新疆大部牧区牧草产量和载畜能力可能会大幅下滑, 建议各地州畜牧主管部门根据当前牧草长势情况, 加强天然草原草畜平衡工作的监管力度, 依据监测分析结果, 严格控制夏季放牧场放牧强度和放牧时间, 及时做好夏、秋、冬季放牧场等季节放牧场之间的调剂和转场计划; 同时, 积极开展秋冬季饲草料储备的准备工作, 及时调运、收储各类牧草和农副秸秆, 认真做好冷季舍饲圈养和防灾减灾准备。

基金项目

国家“十二五”科技计划项目“农村物联网综合信息服务关键技术集成与示范”子项目“新疆特色农业产业物联网信息化技术示范基地建设”(2012BAD35B08-2)和新疆气象局科技项目“新疆关键牧事(时)活动的农用天气预报技术集成与应用”共同资助。

参考文献 (References)

- [1] 黄敬峰, 徐德源, 林柯 (1992) 气象条件对天山北坡中山带牧草生长发育及产量形成的影响. *草业科学*, **6**, 39-44.
- [2] 徐德源, 黄敬峰, 王淑民 (1993) 牧草生长发育和产量形成与气象条件的关系. *气象*, **4**, 8-11.
- [3] 黄敬峰, 王秀珍, 蔡承侠, 胡新博 (1999) 利用 NOAA/AVHRR 资料监测北疆天然草地生产力. *草业科学*, **5**, 62-72.
- [4] 钱拴, 毛留喜, 张艳红 (2007) 中国天然草地植被生长气象条件评价模型. *生态学杂志*, **9**, 1499-1504.
- [5] 尹东, 王长根 (2002) 中国北方牧区牧草气候资源评价模型. *自然资源学报*, **4**, 494-498.
- [6] 黄敬峰, 李建龙 (1992) 天山北坡冬草场牧草产量与气象条件的统计分析. *植物生态学与地植物学学报*, **3**, 258-265.
- [7] 徐德源 (1989) 新疆农业气候资源及区划. 气象出版社, 北京.
- [8] 李建龙, 任继周, 胡自治, 蒋平 (1996) 新疆阜康县草畜平衡动态监测与调控研究. *草市家畜*, **S1**, 32-43.