

# 内蒙古羊草草原植物群落地上初级生产力 时间动态对降水变化的响应

王玉辉<sup>1,2</sup>, 周广胜<sup>1\*</sup>

(1. 中国科学院植物研究所植被数量生态学重点实验室, 北京 100093; 2. 中国气象局沈阳大气环境研究所, 沈阳 110016)

**摘要:** 植被生产力对水热因子的反应是气候-植被关系研究的焦点之一。利用 1981~1994 年的固定围栏样地植物群落调查数据及同期降水资料, 分析了羊草草原群落地上初级生产力和降水的年际变化特征及植物群落地上初级生产力的时间动态与降水年际变化的相互关系。结果表明, 羊草草原年降水以及月降水的年际波动明显; 年内降水分配不均匀, 降水集中分布于 6~8 月份。月均降水以 7 月份最高, 基本呈对称分布。群落地上初级生产力年际间变化介于年降水与月降水的年际变化之间。影响群落地上初级生产力时间动态最显著的因子是植物生长周期内前一年 10 月至当年 8 月的累积降水, 而与年降水和月降水无显著相关。群落地上初级生产力时间动态对累积降水波动的反应呈显著的二次曲线关系, 与空间尺度上地上初级生产力与年降水呈线性相关关系不同。因此, 降水波动对羊草草原地上初级生产力的影响是一个累积效应, 确定对植物生长产生影响的有效降水时间对建立羊草草原生产力模型关系具有十分重要的意义。

**关键词:** 地上初级生产力; 降水; 羊草草原; 时间动态

## Responses of temporal dynamics of aboveground net primary productivity of *Leymus chinensis* community to precipitation fluctuation in Inner Mongolia

WANG Yu-Hui<sup>1,2</sup>, ZHOU Guang-Sheng<sup>1</sup> (1. Laboratory of Quantitative Vegetation Ecology, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100093, China; 2. Institute of Atmospheric Environment, China Meteorological Administration, Shenyang 110016, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(6): 1140~1145.

**Abstract:** This paper describes the relationship between aboveground net primary productivity (ANPP) and precipitation in *Leymus chinensis* community based on the observations made in Inner Mongolia grassland from 1981 to 1994. Our results showed significant differences in annual and seasonal precipitation patterns. Most of the annual precipitation was distributed between June and August with the highest in July. A quadratic relationship was discovered between the ANPP and the accumulative precipitation from the October in previous year to the August of current year; however, no significant correlation between the ANPP and annual or monthly precipitation was detected. The identification of the period of accumulative precipitation appeared to be important in developing a NPP model for the *Leymus chinensis* community.

**Key words:** aboveground net primary production; precipitation; *Leymus chinensis*; temporal dynamics

文章编号: 1000-0933(2004)06-1140-06 中图分类号: Q948, S812 文献标识码: A

草地植被生产力是草地生态系统结构和功能的综合体现, 是植物生物学特性和外界环境条件共同作用的产物。由于环境因

**基金项目:** 国家重点基础研究发展规划资助项目(G1999043407); 中国科学院知识创新工程资助项目(KZCX1-SW-01-12, KSCX2-1-07); 国家自然科学基金资助项目(40231018, 30300049)

**收稿日期:** 2003-06-11; **修订日期:** 2003-11-04

**作者简介:** 王玉辉 (1972 ~), 女, 山东人, 博士, 副研究员, 主要从事全球变化与陆地生态系统研究. E-mail: yhwang@ns.ibcas.ac.cn

\* 通讯作者 Author for correspondence

**致谢:** 感谢内蒙古大学刘钟龄教授和加拿大北方林中心李超博士的帮助

**Foundation item:** the National Key Basic Research Project(No. G1999043407); the Project of Knowledge Innovation of CAS (No. KZCX1-SW-01-12, KSCX2-1-07); the Project of National Natural Science Foundation of China (No. 40231018, 30300049)

**Received date:** 2003-06-11; **Accepted date:** 2003-11-04

**Biography:** WANG Yu-Hui, Ph. D., Associate professor, mainly engaged in global change and terrestrial ecosystem.



素的易变性,特别是水热因子,使得利用植被生产力与气候因子间相互关系建立数学模型估算某一区域植被生产力成为可能。其中,降水由于其巨大的波动性,特别是干旱半干旱地区,成为影响植被生产力的首要考虑因素。水分是限制干旱半干旱区草原生产力的关键因素之一<sup>[1~3]</sup>。从空间尺度上看,年降水量与草原植被生产力之间具有明显的正相关<sup>[4~6]</sup>,而在时间序列上植被生产力对降水的反应却随着研究地点的不同而有所差异。如北美大草原年降水量从东到西逐渐降低,植被生产力亦相应降低。但是从时间序列上看,气候较为干旱的西部矮草草原植被生产力与年降水具有明显的正相关<sup>[7]</sup>,而东部的高草草原植被生产力与年降水关系却不明显<sup>[5,8]</sup>。这表明,在建立气候-植被生产力关系时,因研究时间和空间的差异,降水与植被生产力间的相互关系可能有所不同。全球变化研究的核心之一就是预测在一定的时段内,如 50a 或 100a,气候变化如何影响植被生产力及其发展趋势如何。因此,从一定的时间序列上探讨草原植被生产力对降水变化的反应,对于合理地理解影响植被生产力的主导因子,利用气象资料建立气候-植被生产力关系,以及预测在全球气候变化下草地生产力的变化趋势具有十分重要的意义。

内蒙古羊草草原是我国北方温带草原中具代表性、典型性和分布面积最为广泛的植被类型,是我国北方重要的畜牧业基地以及绿色生态屏障。特别是内蒙古羊草草原地处干旱半干旱地区,区域环境脆弱、易变、降水波动明显、对全球气候变化敏感,是研究植被对全球气候变化响应的典型区域。为此,本文利用连续 14a 的植被生产力和降水资料,试图在分析羊草植物群落地上初级生产力和降水年际变化特征的基础上,对羊草草原群落地上初级生产力时间动态与降水年际变化的相互关系进行分析,揭示降水年际波动对群落地上初级生产力的可能影响,为预测未来羊草草原在全球气候变化下的发展趋势提供科学依据。

## 1 研究区域概况

研究区域位于内蒙古锡林河流域,是内蒙古高原中部与大兴安岭南段西侧山地遥相接触的地带,在自然地理上属于温带内蒙古草原区典型草原栗钙土亚区。地理位置为北纬 43°26′~44°39′,东经 115°32′~117°12′。本区地势东南高西北低,属大陆性温带半干旱气候,年均温为-1.4~2.0℃。冬季寒冷干燥,夏季温暖湿润,3~5 月份常有大风。土壤为栗钙土,草原植被以羊草(*Leymus chinensis*)、大针茅(*Stipa grandis*)、黄囊苔草(*Carex korshinskyi*)、糙隐子草(*Cleistogenes squarrosa*)、冷蒿(*Artemisia frigida*)、小叶锦鸡儿(*Caragana microphylla*)等为主。植物在 4 月中旬返青,9 月中旬生长季结束,生长期在 150~160d 左右<sup>[9]</sup>。

## 2 研究方法

本研究采用 1981~1994 年羊草草原长期固定围栏样地的植被调查资料及同期降水资料进行分析。植被调查样方面积为 1m×1m,20 个重复。每年 5 月 15 日~9 月 15 日,每半月齐地收割植物地上部分,实验室烘干(65℃)称重,所获最高值为羊草草原植物群落地上初级生产力(Aboveground Net Primary Productivity, ANPP),其中最高值均出现在 8 月份。降水资料来自锡林浩特市气象站。

植物群落地上初级生产力对不同时期降水量的反应,采用灰色关联度方法进行分析。根据灰色系统理论<sup>[10]</sup>,关联度分析是一种相对性排序分析,是用于分析各因素之间随着时间变化的动态关系及其特征的定量方法。它的基本思想是根据曲线间的相似程度来判断因素间的关联程度,从而分析哪些因素关系密切,哪些因素不够密切,并用关联系数、关联度和关联序来表示。具体步骤如下:

①对单位不同或初值不同的数列进行处理,使之无量纲、归一化;

②求关联系数中的两级差 参考数列  $x_0$  与直接比较数列  $x_i$  在第  $k$  点的绝对差  $\Delta(k)$  为  $\Delta(k) = |x_0(k) - x_i(k)|$ , 在第  $x_i$  找出各点与  $x_0$  的最小差,是第一级:

$$\min_k \{|x_0(k) - x_i(k)|\}$$

在各条曲线中找出的最小差的基础上再按  $i=1, 2, \dots, m$ , 找所有  $x_i$  曲线中的最小差:

$$\min_i \{\min_k \{|x_0(k) - x_i(k)|\}\}$$

是第二级最小差。找两级最大差的方法与找两级最小差的方法相似:

$$\max_i \{\max_k \{|x_0(k) - x_i(k)|\}\}$$

是两级最大差。

③求关联系数 参考数列与直接比较数列在第  $k$  点的关联系数为:

$$\zeta_{0i} = \frac{\min_i \{\min_k \{|x_0(k) - x_i(k)|\}\} + \rho \max_i \{\max_k \{|x_0(k) - x_i(k)|\}\}}{|x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \{\max_k \{|x_0(k) - x_i(k)|\}\}}$$

式中,  $\rho$  为分辨系数,  $\rho \in [0, 1]$ ,  $\rho$  越小,分辨率越高。一般取 0.5。

④求关联度 综合各点的关联系数,得到整个  $x_i$  曲线与参考曲线  $x_0$  的关联度,即:

$$\gamma_{0i} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \zeta_{0i}(k)$$

关联度  $\gamma_{0i}$  大小表示了比较数列与参考数列的密切程度,  $\gamma_{0i}$  越大比较数列与参考数列关系越密切;反之亦然。



⑤关联序 因素间关联程度主要是用关联度的大小次序描述,而不是关联度的大小。若  $\gamma_{oi} > \gamma_{oj}$ , 则称  $x_i$  对于  $x_0$  优于  $x_j$ , 记为  $x_i > x_j$ ; 若  $\gamma_{oi} < \gamma_{oj}$ , 则称  $x_i$  对于  $x_0$  劣于  $x_j$ , 记为  $x_i < x_j$ ; 若  $\gamma_{oi} = \gamma_{oj}$ , 则称  $x_i$  对于  $x_0$  等价于  $x_j$ , 记为  $x_i \sim x_j$ 。将  $m$  个比较数列对同一参考数列的关联度按大小顺序排列起来,便组成了关联序,记为  $\{x\}$ ,它反应了对于参考数列来说,各比较数列的“优劣”关系。

### 3 结果与讨论

#### 3.1 降水量年际变化

图 1 给出了 1981~1994 年羊草草原年降水量分布。图中显示羊草草原年降水量有明显的年际波动,多年平均降水量为  $350.60 \pm 58.99\text{mm}$ ,14a 间年降水量超过 400mm 的有 4a,而低于多年平均降水的有 8a,最大年降水量与最小年降水量相差约 162.9mm,年际间变异系数为 0.17。在多雨年(1981 年,1986 年)之后,降水量均出现连续低值,与“干旱时段的延长通常在多雨年之前或之后发生”相一致<sup>[9]</sup>。

羊草草原的年降水不仅具有明显年际波动,其年内分配也很不均匀。图 2 给出了月均降水及其变异系数的变化。从图中可以看出年内降水集中分布在植物生长的 5~9 月份,约占年降水量的 85.94%,其中 6~8 月份是降水最为集中的时期,仅 7 月份降水就占全年降水总量的 28.84%,明显高于其它月份。月均降水以 7 月份为中心向两边逐渐降低,基本呈对称分布。但各月降水在年际间变化十分明显,年际间变异系数在 0.46~0.88 之间,其中 9~11 月份 > 3~5 月份 > 12~2 月份 > 6~8 月份。

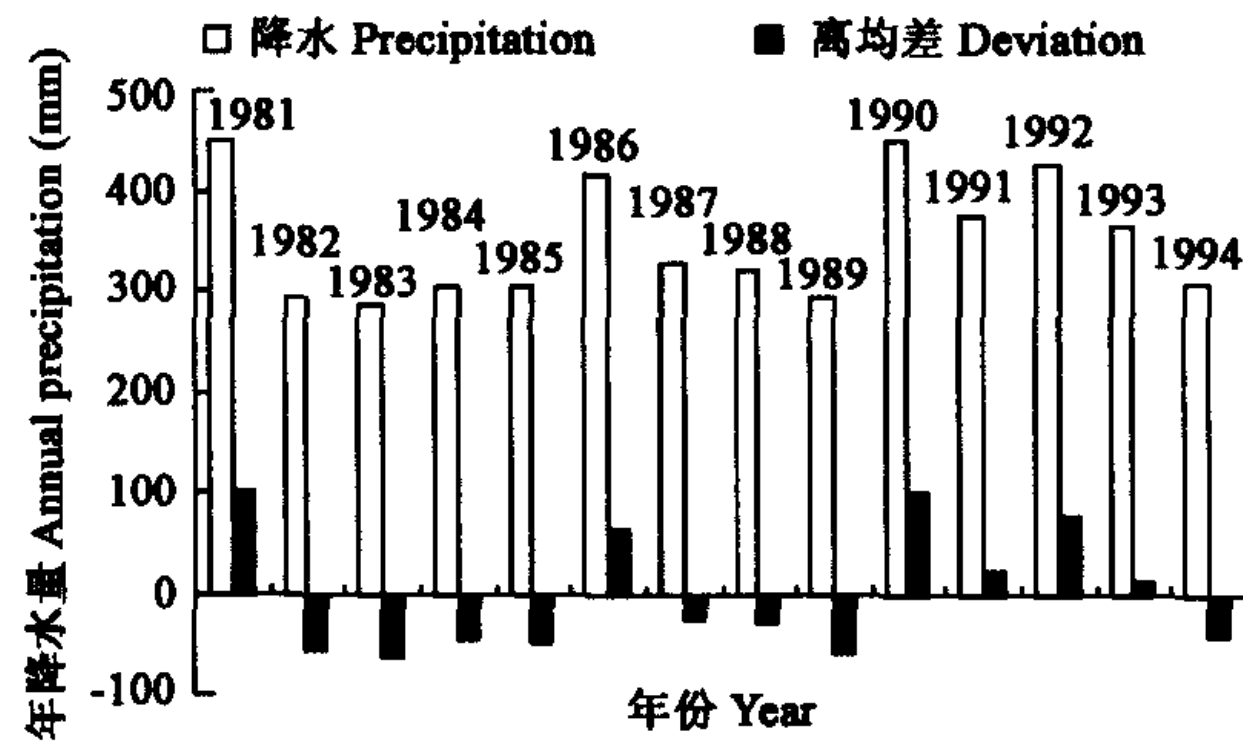


图 1 1981~1994 年羊草草原年降水量

Fig. 1 Annual precipitation and frequency of *Leymus chinensis* grassland from 1981 to 1994

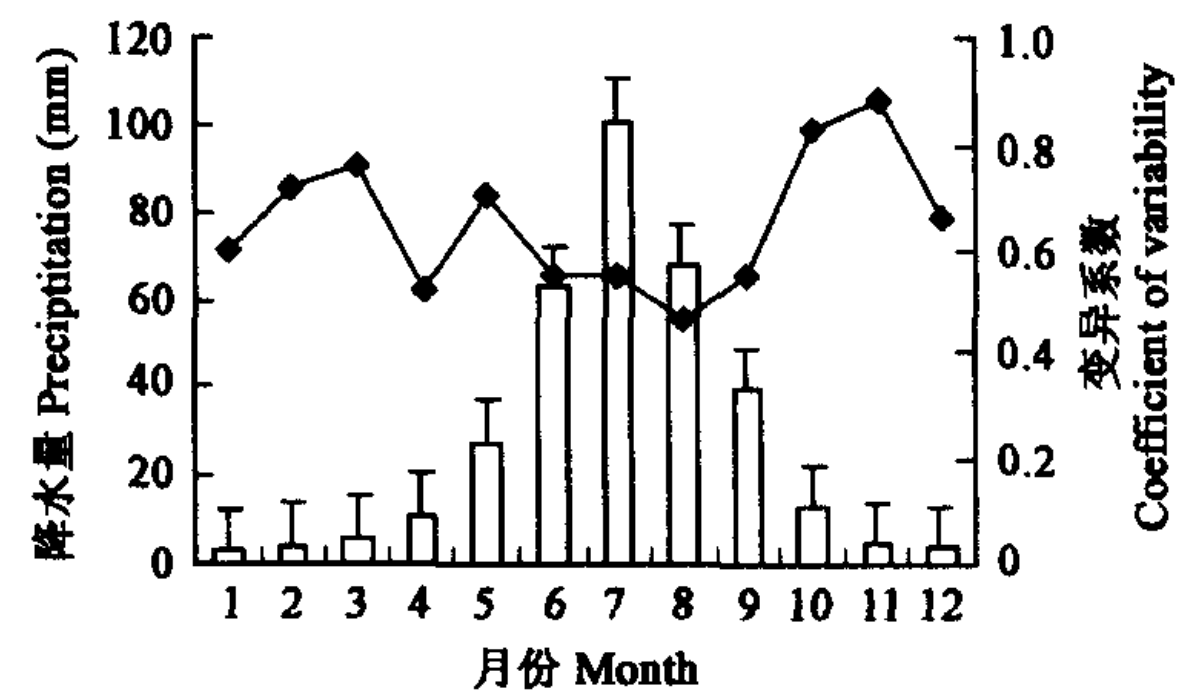


图 2 1981~1994 年羊草草原月均降水及其变异系数

Fig. 2 Average monthly precipitation and coefficient of variability in *Leymus chinensis* grassland from 1981 to 1994

#### 3.2 羊草草原群落地上初级生产力的年际变化

羊草草原是以多年生根茎禾草羊草为主要优势种的温带典型草原。羊草植物群落通常在每年的 4 月中旬开始萌发,4 月下旬返青,5 月初分蘖拔节,6 月下旬抽穗,7 月初开花,8 月上旬种子成熟,其中 6、7、8 月份是其旺盛生长时期,9 月下旬至 10 月日均温低于  $0^{\circ}\text{C}$  以后,其地上部分停止生长,逐渐枯黄,进入休眠期<sup>[11,12]</sup>。通过比较年际间群落地上初级生产力状况发现:羊草草原植物群落地上初级生产力具有明显的年际波动(图 3),多年平均为  $199.04 \pm 52.74 \text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。从 1981~1994 年,有 5a 地上初级生产力大于平均值,6a 地上初级生产力小于平均值,而 3a 与平均值相接近,波动范围在  $166.22 \pm 47.43 \sim 331.44 \pm 91.79 \text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  之间,变异系数达 26.50%,介于年降水和月降水的年际变异程度之间。

#### 3.3 羊草草原植物群落地上初级生产力对降水波动的响应

3.3.1 年降水 通过对连续 14a 羊草草原年降水与植物群落地上初级生产力年际间变化趋势的分析表明,71.43% 的年份其群落地上初级生产力相对于前一年的增减趋势与年降水相对于前一年的增减趋势相一致,即若本年度年降水比前一年度增加,则群落地上初级生产力也会比前一年有所增加,反之,群落地上初级生产力降低,但是增减幅度两者差异明显(图 4 a)。在进一步分析群落地上初级生产力随年降水量的变化时,发现群落地上初级生产力并没有随着年降水的增大而增大,年降水量最大的 1990 年,其群落地上初级生产力仅为 14a 间的中等水平,而年降水量较少的 1982 年和 1988 年,其地上初级生产力却在 14a 中列于前茅。群落地上初级生产力与年降水无显著正相关( $r = 0.41$ ),甚至存在随降水量增加先增加,尔后略有降低的弱二次

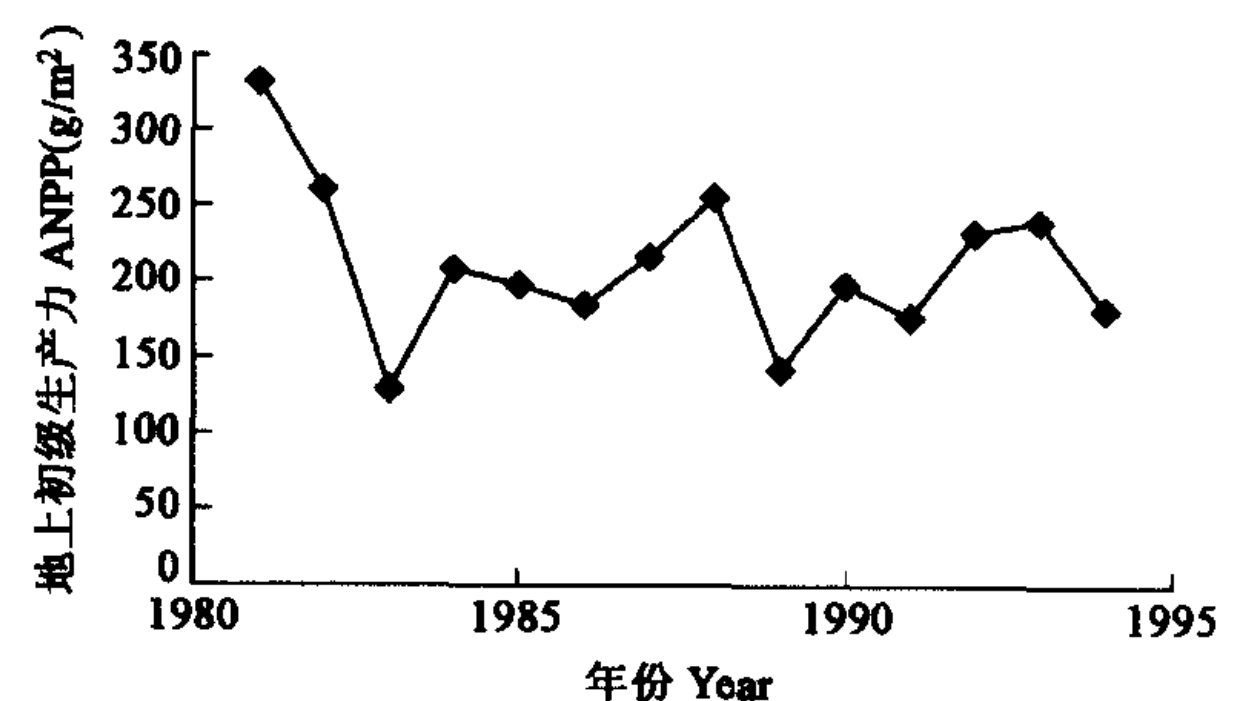


图 3 羊草草原群落地上初级生产力

Fig. 3 Aboveground net primary productivity (ANPP) of *Leymus chinensis* grassland



曲线关系(图 4 b)。

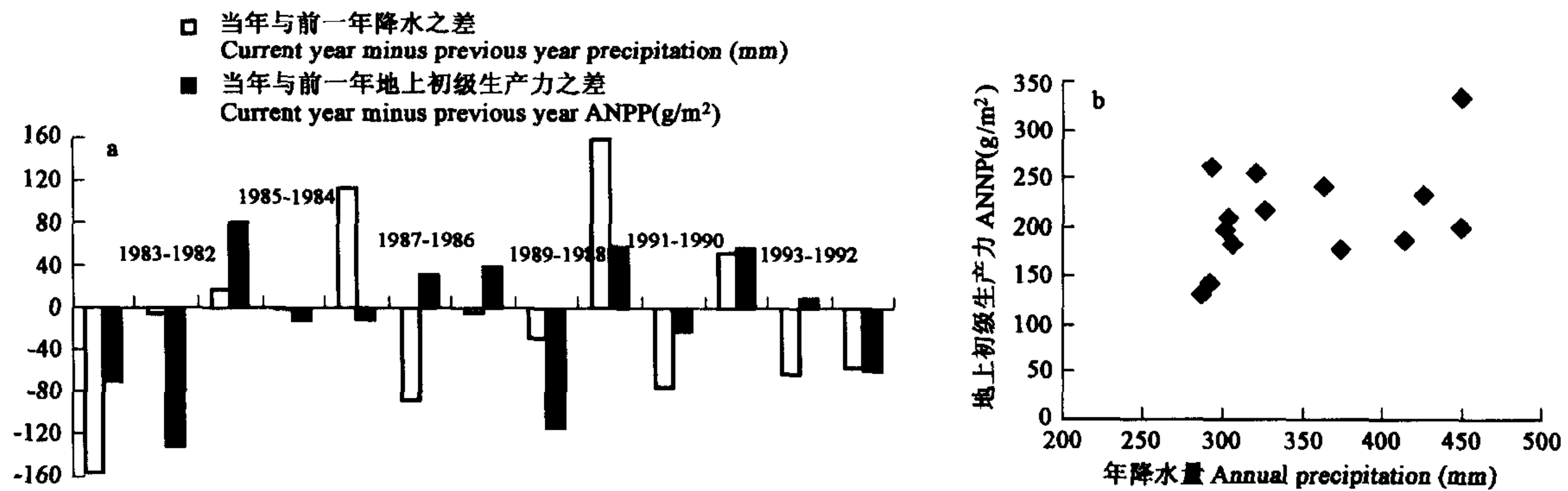


图 4 年降水量与群落地上初级生产力

Fig. 4 Annual precipitation and aboveground net primary productivity (ANPP)

3.3.2 各时期降水 为了了解年降水、生长季(4~9月份)降水及各月降水对羊草草原群落地上初级生产力影响的密切程度,采用灰色关联度分析方法,对群落地上初级生产力与年降水、生长季降水及各月降水的关联度进行了计算,结果见表 1。

表 1 群落地上初级生产力与不同时期降水量的关联度

Table 1 Degree of relatedness between aboveground net primary productivity and precipitation

降水 Precipitation	月份 Month												全年 All year	生长季 Growing period
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
关联度 Relatedness degree	0.819	0.778	0.791	0.812	0.826	0.818	0.842	0.854	0.773	0.739	0.760	0.783	0.904	0.862

根据群落地上初级生产力与不同时期降水的关联度排列出反映群落地上初级生产力与不同时期降水相对密切程度的关联序:全年>4~9月份>8月份>7月份>5月份>1月份>6月份>4月份>3月份>12月份>2月份>9月份>11月份>10月份。从群落地上初级生产力与降水的关联度可以看出,群落地上初级生产力与各时期降水之间比较有密切的关系,因此在考虑降水对羊草草原群落地上初级生产力影响的时候,需要考虑多个时段降水的综合效应。从总体上看,年降水总量与地上初级生产力的密切程度最大,其次是4~9月份>6~8月>3~5月,12~2月和9~11月份降水与群落地上初级生产力密切程度最低。但是1月份降水与地上初级生产力的密切程度相对较高。这可能因为1月份是羊草草原最冷的时期,是多年生植物能否顺利越冬的关键时期。1月份降水将通过影响积雪的覆盖面积和厚度调节地温从而影响多年生植物越冬芽的存活,限制植物的越冬,进而影响到第二年春季植物的萌发和生长。需要指出的是本文利用的灰色关联度分析仅是采用一种定量方法探讨了不同时期降水与羊草草原植物群落地上初级生产力密切关系的相对优劣程度,其具体关联度数值并不代表该时段降水对地上初级生产力形成的真实贡献率。进一步对羊草不同生长时期降水量与地上初级生产力进行相关分析发现,不同时期降水量与地上初级生产力均无显著相关。这说明尽管各时期降水与羊草草原群落地上初级生产力具有较密切关系,但是其中任何时段降水的年变化都不能很好地反应群落地上初级生产力的时间动态,降水对羊草草原群落初级生产力的影响很可能是一个累积效应。

3.3.3 累积降水 由于羊草草原以多年生植物为主,特别是主要优势种羊草是多年生根茎禾草,每年秋季地下根茎都生长出大量的地下芽,其中部分地下芽在秋季会出土,然后由于温度过低而枯萎。而其余大部分地下芽则会藏于土中,越冬后在第2年春季破土萌发,形成地上植株开始生长。而这一时期能够破土而出的幼苗数量必然会对当年群落地上初级生产力产生直接影响。因此,对羊草草原当年植物地上初级生产力产生影响作用的有效降水期很可能是从前一年植物地上部分枯死的10月份到第2年植物地上部分生长达到高峰的8月份,而不是通常使用的年降水。通过对1982~1994年连续13a的群落地上初级生产力与累积降水(前一年10月份至当年8月份)的相关分析结果表明:群落地上初级生产力与累积降水呈明显的二次曲线关系, $r=0.78$ (图5)。从图中可以看出,当累积降水量小于350mm左右时,群落地上初级生产力随累积降水量的增加而增加,当累积降水量大于350mm时,群落地上初级生产力则随着累积降水量的增加而减少。其中生长旺季(6~8月份)降水量与羊草地上初级生产力也具有二次曲线的关系,但相关系数0.57(图6)。这一结果表明生长旺季降水尽管对羊草地上初级生产力的作用具有十分重要的作用。但是与前一年10月份至当年8月份的累积降水对羊草地上初级生产力的作用相比,当年地上初级生产力更明显地与整个生长周期内的累积降水量有关。同是一段时期降水的累积,群落地上初级生产力对累积降水(前一年10月份至当



年 8 月份)更为敏感,这可能与植被生产力是植物生物学因素和环境因素综合作用的结果有关。降水对植物的影响是间接通过土壤来完成的,加之植物自身的自调节功能,使得植物对降水的反应具有滞后效应。另外,植被生产力是单位时间单位面积植物生产干物质的累积,因此,它具有时间累积效应,某一时段降水对植物生长造成的影响也许会在下一时段得到补偿或抵消。年降水表示的是全年 1~12 月份的降水总量,但是对羊草草原来讲其中部分时间的降水对当年植物的生长是无效的。而生长旺季的降水尽管占有全年降水的大部分,可是过于集中的降水很可能因为土壤的蓄水能力的限制,使得部分降水无法被植物所利用。由此可见,在考虑降水与草地植被生产力关系时,应充分考虑植物自身的生长特点,而不能一味简单的使用年或月降水进行生产力估算。

#### 4 结论

探讨降水与植被生产力关系一直是植被-气候生产力研究中关注的焦点之一。本文对连续 14a 的羊草草原群落地上初级生产力以及相应降水资料的分析表明羊草草原年降水量年际波动明显,年内降水分配不均匀,降水主要集中于 6~8 月份。月均降水以 7 月份为最高值向两边逐渐降低,基本呈对称分布。但各月降水在年际间变化十分明显,其中秋季>春季>冬季>夏季。而羊草草原植物群落地上初级生产力年际间变化介于年降水与月降水的年际变化之间。

尽管 71.43% 年份的群落地上初级生产力年度变化与年降水的年度变化趋势相一致,但是群落地上初级生产力与年降水和月降水无显著相关。从年的时间序列上看,降水波动对羊草草原地上初级生产力的影响是一个累积效应。与群落地上初级生产力关系最明显的是累积降水(前一年 10 月份至当年 8 月份),两者呈显著的二次曲线关系,与在空间上地上初级生产力与年降水呈线性相关关系不同<sup>[13,14,6]</sup>。因此,确定对植物生长具有影响的有效降水时间对建立羊草草原气候-植被生产力关系具有十分重要的意义,仅选用年或月降水作为降水参数,也许不能很好地预测在未来全球变化下,羊草草原生产力的变化状况。

#### References:

- [1] Boutton T W, Tieszen L L, Imbamba S K. Biomass dynamics of grassland vegetation in Kenya. *Af. J. Ecol.*, 1988, **26**:89~101.
- [2] Deshmukh I K. A common relationship between precipitation and grassland peak biomass for east and southern Africa. *Afr. J. Ecol.*, 1984, **22**:181~186.
- [3] Mirza M Q, Warrick R A, Ericksen N J, et al. Trends and persistence in precipitation in the Ganges, Brahmaputra and Meghna river basins. *Hydrology Sciences Journal*, 1998, **43**(6): 845~858.
- [4] Frank D A, Inouye R S. Temporal variation in actual evapotranspiration of terrestrial ecosystems: patterns and ecological implications. *J. Biogeog.*, 1994, **21**:401~411.
- [5] Knapp A K & Smith M D. Variation among biomes in temporal dynamics of aboveground primary production, *Science*, 2001, **291**:481~484.
- [6] Bai Y F, Li L H, Wang Q B, et al. Changes in plant species diversity and productivity along gradients of precipitation and elevation in the Xilin river basin, Inner Mongolia. *Acta Phytocologica Sinica*, 2000, **24**(6): 667~673.
- [7] Lauenroth W K, Sala O E. Long-term forage production of a North American shortgrass steppe. *Ecol. Appl.*, 1992, **2**:397~403.
- [8] Briggs J M, Knapp A K. Interannual variability in primary production in tallgrass prairie. *J. Range Manage.*, 1995, **29**:19~23.
- [9] Li B, Yong S P, Li H Z. The vegetation of the Xilin river basin and its utilization. In-Mongolia grassland ecosystem research station,

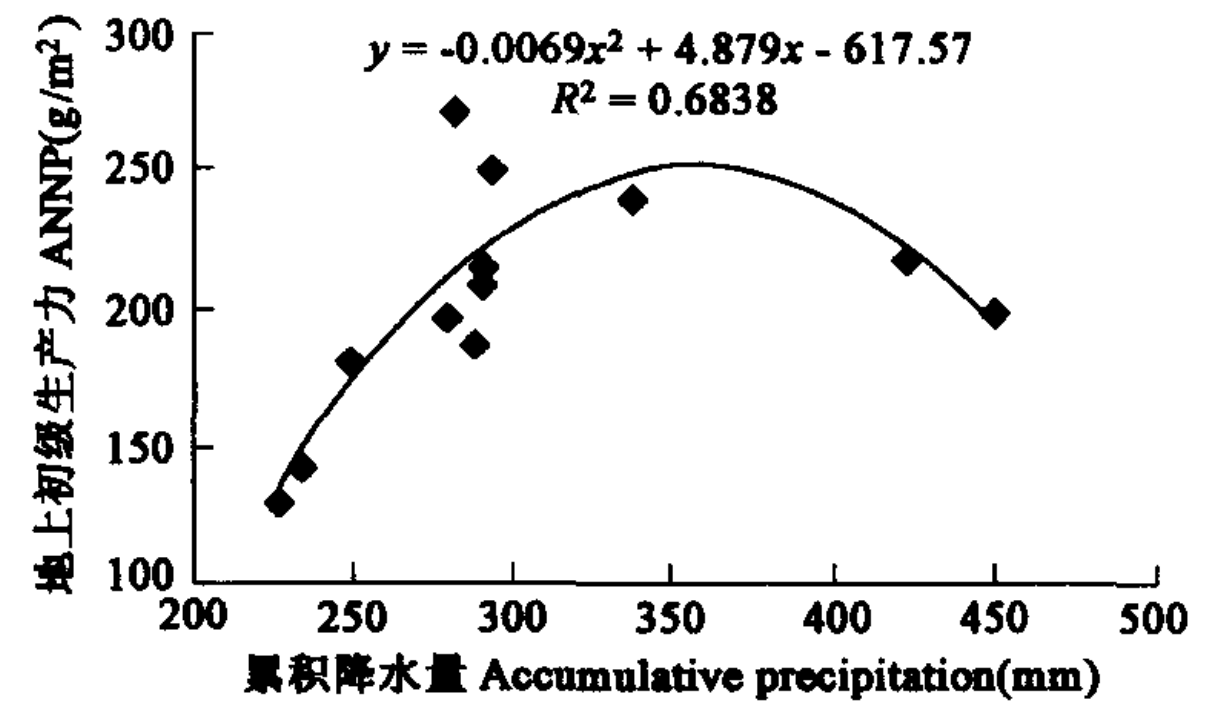


图 5 羊草草原群落地上初级生产力与前一年 10 月至当年 8 月的累积降水量的关系

Fig. 5 Relationship between aboveground net primary productivity (ANPP) and accumulative precipitation from October in previous year to August in current year in *Leymus chinensis* grassland

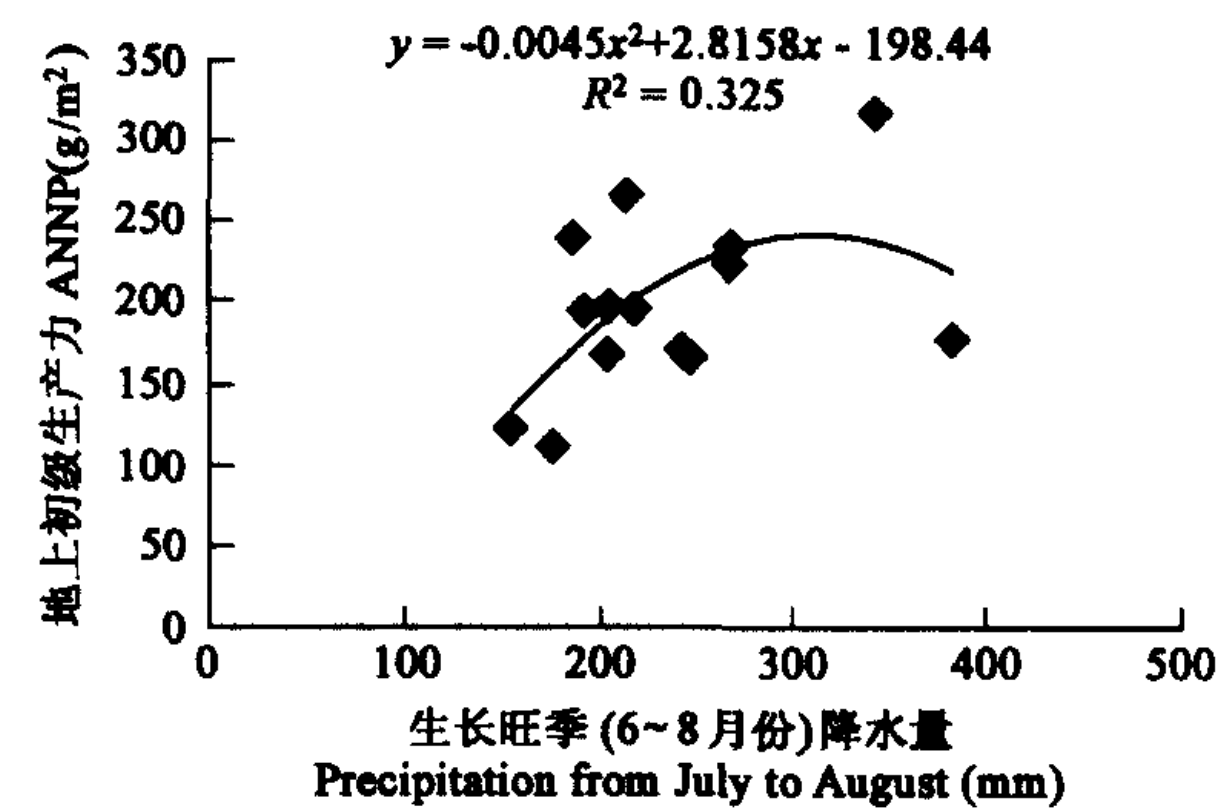


图 6 羊草草原群落地上初级生产力与生长旺季(6~8 月份)降水量关系

Fig. 6 Relationship between aboveground net primary productivity (ANPP) and precipitation in growing peak period (from July to August) in *Leymus chinensis* grassland

Academia Sinica ed. *Research on Grassland Ecosystem*(3). Beijing: Science press, 1988. 84~183.

- [10] Deng J L, Grey Theory and Method. Beijing: Petroleum Industry Press, 1992.
- [11] Chen M, Wang Y H. The observation on the biological characteristics of *Aneurolepidium chinense* under cultural conditions. In: Inner Mongolia grassland ecosystem research station, Academia Sinica ed. *Research on Grassland Ecosystem*(1). Beijing: Science press, 1985. 212~223.
- [12] Zhao H B, Zhang W B. Study on the effects of herbage growth period and output at the natural grassland under arid climate. *Inner Mongolia Environment Protection*, 2002, 14(2): 22~25.
- [13] Silvertown J, Dodd M E, McConway K, et al. Rainfall, biomass variation, and community composition in the Park Grass Experiment. *Ecology*, 1994, 75: 2430~2437.
- [14] Zhou G, Wang Y & Wang S. Responses of grassland ecosystems to precipitation and land use along the Northeast China Transect. *Journal of Vegetation Science*, 2002, 13: 361~368.

#### 参考文献:

- [6] 李博, 雍世鹏, 李忠厚, 锡林河流域植被及其利用. 草原生态系统研究(第三集). 1988. 84~183.
- [9] 白永飞, 李凌浩, 王其兵, 等. 锡林河流域草原群落植物多样性和初级生产力沿水热梯度变化的样带研究. 植物生态学报, 2000, 24(6): 667~673.
- [10] 邓聚龙. 灰色理论与方法. 北京: 石油工业出版社, 1992.
- [11] 陈敏, 王艳华. 栽培条件下羊草生物学特性的观察. 草原生态系统研究(第一集), 1985. 212~223.
- [12] 赵海滨, 张维斌. 草原干旱对天然牧草生长发育及产量形成的影响. 内蒙古环境保护, 2002, 14(2): 22~25.